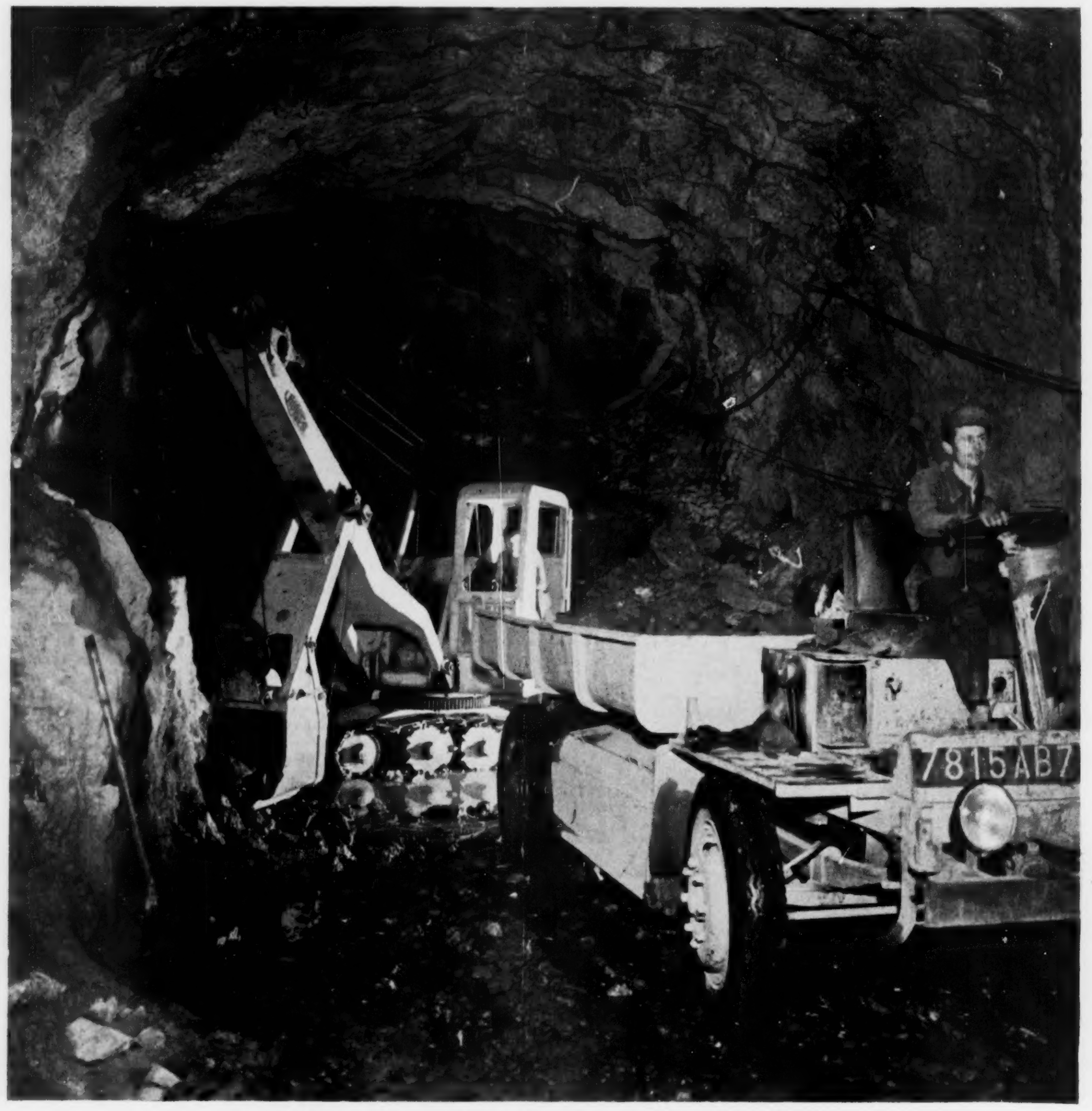
LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



ENGINS MODERNES DE TERRASSEMENT

Petite pelle Nordest travaillant en butte au fond d'un tunnel et déchargeant dans un camion-benne

(*Photo* H. Baranger).

N° 3214 – Février 1953 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Composé résineux pour le collage des métaux

Une société américaine fabrique un composé résineux thermo-durcissable pour le collage des métaux (aluminium sur aluminium en particulier) et utilisable également pour l'assemblage d'autres substances tels que bois, plastiques, verres, ébonite, etc., soit avec elles-mêmes, soit l'une avec l'autre. Ce produit nécessite seulement une pression de contact pour le collage, le séchage s'effectuant en 1 à 36 heures suivant la température d'application. Les assemblages ainsi réalisés sont très résistants et supportent des résistances de cisaillement de 200 kg/cm² à la température ambiante.

* * *

On annonce de Prétoria que la production d'uranium à partir des minerais aurifères de la West Rand Consolidated Mines est en cours de réalisation. L'usine pour l'extraction de l'oxyde d'uranium est terminée. Elle est financée par les États-Unis et la Grande-Bretagne, à qui l'Union Sud-Africaine a accepté de vendre la production.

* * *

Un spécialiste de la Station Agricole Expérimentale du Texas aurait découvert que l'analyse du sang permettrait de choisir à coup sûr les bêtes les plus faciles à engraisser. Il aurait découvert que les veaux dont la teneur en thyroxine dans le sang est la plus basse sont ceux qui engraissent le plus rapidement, de même que les bêtes dont le sang contient le moins de glutathion.

* * *

Des études poursuivies au National Bureau of Standards des États-Unis permettent de prévoir que des redresseurs de courant électrique de haute qualité pourront être établis en utilisant le titane recouvert sur une face de son oxyde, par suite des propriétés semi-conductrices de ce corps.

* * *

Une nouvelle fibre à base de nitrile polyacrylique a été mise au point aux usines allemandes Cassella. Elle est de haute résistance mécanique et insensible aux variations climatiques. Elle est commercialisée sous le nom de « Pan ».

SOMMAIRE

Le réacteur atomique construit à Kjeller en Norvège a été mis en service. Il est destiné aux recherches nucléaires et fournira également les isotopes radioactifs du cobalt et de l'iode. La production sera répartie entre la Norvège et les Pays-Bas qui ont tous deux participé à sa construction. La Norvège les distribuera aux pays nordiques et les Pays-Bas aux pays du Benelux.

* * *

Des travaux récents auraient démontré que le sulfure de cadmium possède des propriétés semi-conductrices et photoconductrices permettant d'envisager son utilisation en électronique.

* * *

La Compagnie Felt and Textiles of Australia Ltd étudie la production de fibres d'origine marine provenant des algues des golfes Spencer et Saint-Vincent dans le Sud australien. Le gouvernement a donné toutes facilités pour les essais qui sont poursuivis en vue de l'installation d'une usine à Port-Broughton.

Coussinets en nylon pour arbres de machines

On commence à utiliser le nylon pour fabriquer des coussinets d'arbres de machines. Leur résistance à l'abrasion est excellente, leur coefficient de frottement est bas ; sous de faibles charges, ils ne demandent pas de lubrifiant ; enfin ils peuvent être réalisés par simple moulage, ce qui réduit leur prix de revient par rapport à celui des coussinets métalliques qui doivent être usinés. Ils peuvent être utilisés avec un arbre en nylon frottant sur nylon, aussi bien qu'avec un arbre métallique sur nylon. Sous charges, la lubrification peut être faite à l'eau pure ou à l'huile.

* * *

Le plus grand entrepôt frigorifique des Pays-Bas est en voie d'achèvement à Rotterdam. Il comportera 41 chambres frigorifiques et de congélation couvrant une superficie totale de 14 000 m². Une température de 40° au-dessous de zéro pourra être obtenue. Il est destiné à faciliter le transport rapide des denrées périssables et des produits agricoles et horticoles néerlandais destinés à l'exportation.

* * *

On annonce la découverte au Mexique d'un des plus grands gisements de soufre du monde. Le dépôt est d'origine volcanique, il est situé à 1 000 m d'altitude dans un cratère de Socorro Island. Le soufre s'y trouve à l'état natif à 95 pour 100 de pureté.

* * *

La première usine européenne pour la préparation de pommes de terre conservées en poudre a été construite en Suède. Elle peut traiter 14 000 t de pommes de terre fraîches. Le produit sec ne représente que 13 pour 100 du poids initial. Les frais de transport ultérieurs sont réduits en proportion. La poudre additionnée d'eau chaude fournit une purée de pommes de terre conservant sa teneur en vitamine C.

* * *

Une nouvelle méthode de fabrication de l'aniline par hydrogénation catalytique en marche continue va être mise en application industrielle à Moundsville aux États-Unis.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1953

France et Union fse : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg :
un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3214 Février 1953

LA NATURE

LA TEMPÉRATURE DES ÉTOILES

Dans la nuit, que la lumière d'une étoile parmi les autres est peu de chose ... Seules les plus brillantes sont visibles à l'œil nu. Pourtant, ce rayon de lumière si faible suffit aux astronomes : ils en tirent une foule d'informations. A des milliers d'années-lumière, ces astres nous sont mieux connus que bien des phénomènes terrestres. Actuellement, on dispose de méthodes sensibles et précises pour déterminer la pression qui règne dans les étoiles, la turbulence qui en agite les atomes, pour en faire l'analyse chimique, pour la réduire en tableaux de mesures. Thermomètres, manomètres, éprouvettes, tout cet attirail des chimistes et des physiciens, pour nous, c'est tout simplement un spectrographe. Une des grandeurs qui a sur les spectres stellaires une influence des plus nettes et des mieux connues est la température, à laquelle nous allons nous intéresser maintenant.

Le spectre continu et la température. — Une étoile est une masse sphérique de gaz chauffé. Comme tout corps chauffé (fer « rouge », chauffage « à blanc », lampes « à incandescence... ») cette étoile émet des radiations de toute longueur d'onde, d'autant plus intenses que l'étoile est plus chaude. Le spectre de cette lumière, sa couleur dépend de la température : plus l'étoile est chaude, plus sa lumière est riche en radiations bleues, violettes et ultraviolettes. Les plus froides peuvent être invisibles, si elles ne rayonnent que des radiations infrarouges.

Parmi les étoiles visibles, une étoile de type B, comme Bellatrix ou Rigel, qui est à une température de 20 000 à 30 000°, contient plus d'ultraviolet que de lumière visible ou infrarouge; ce n'est pas le cas du soleil (étoile de type G, à 5 000° environ) qui rayonne très peu d'ultraviolet.

On déduit de ces remarques que, le spectre continu de radiations d'une étoile étant lié à sa température, il est possible de connaître celle-ci à partir de celui-là. En fait, pour passer de l'un à l'autre, il faut connaître quantitativement la loi selon laquelle ce spectre, cette intensité lumineuse dépend de la température. Or on connaît cette loi, calculée par les théoriciens, pour un corps idéal, le « corps noir ». On a même pu réaliser au laboratoire des sources lumineuses (fours spéciaux) ayant le même rayonnement que le corps noir. Le rayonnement « noir » possède certaines caractéristiques : le maximum de l'intensité du rayonnement a lieu pour une certaine longueur d'onde inversement proportionnelle à la température du corps. L'intensité maximum est proportionnelle à la puissance cinquième de la température (fig. 1 et 2).

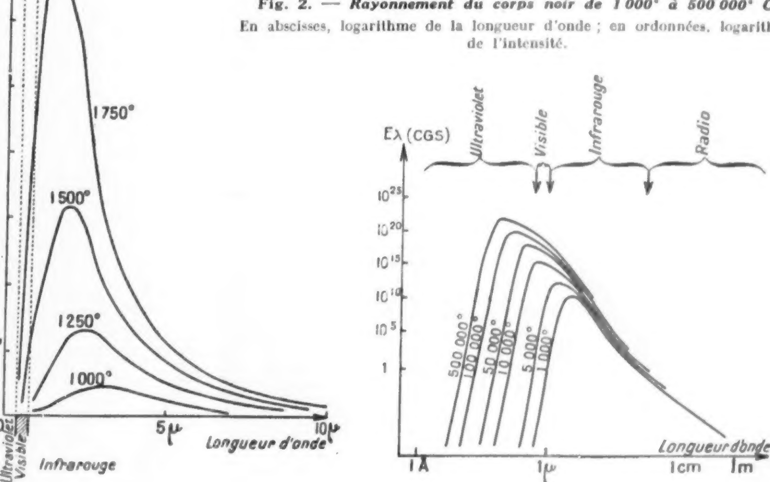


Fig. 1. — ***Rayonnement du corps noir de 1 000° à 2 000° C.*** En abscisses, les longueurs d'onde.

Fig. 2. — ***Rayonnement du corps noir de 1 000° à 500 000° C.*** En abscisses, logarithme de la longueur d'onde ; en ordonnées, logarithme de l'intensité.

Étoile et corps noir. — Il est naturel de supposer tout d'abord que les étoiles sont des corps noirs. Encore faut-il disposer de méthodes de photométrie permettant de passer du spectre observé à celui du corps noir équivalent. Qu'allons-nous mesurer dans ce spectre ?

Si l'étoile est à une distance connue, le rayonnement mesuré est connu en valeur absolue; en effet on compare le rayonnement dans une longueur d'onde à celui d'un corps noir étalonné; de la distance de l'étoile, on déduit le flux lumineux qui sort de l'étoile pour cette longueur d'onde. Si on connaît le rayon de l'étoile, on en déduit le flux rayonné par unité de surface de l'étoile, quantité directement comparable à la quantité équivalente relative au corps noir.

Mais de façon générale, la comparaison n'est pas si simple, car distances et rayons ne sont pas connus ou le sont mal. Si on ne dispose pas de ces grandeurs, on ne pourra mesurer que le rayonnement dans une longueur d'onde comparé à celui d'une autre longueur d'onde.

Souvent même, l'étoile étudiée n'est pas assez brillante pour qu'un spectre puisse être obtenu et qu'on puisse séparer les radiations de diverses couleurs. Dans ce cas le rayonnement global issu de l'étoile peut être déduit du rayonnement observé (rayonnement réduit d'une façon connue par l'absorption atmosphérique et les possibilités des instruments...) et de la

distance, si elle est connue, de l'étoile. On notera ici que des étoiles brillantes peuvent avoir une distance mal connue (supergéantes lointaines) tandis que des étoiles proches (naines) peuvent être assez peu brillantes.

Pour exploiter les différentes possibilités de mesure, on est donc amené à définir plusieurs façons d'évaluer la température, qui doivent conduire aux mêmes nombres si l'étoile étudiée est assimilable à un corps noir, qui conduisent à des valeurs différentes dans le cas contraire. Ces différentes « températures » (nous reviendrons plus loin sur leur interprétation), définissons-les d'abord.

Températures effectives, de brillance, de couleur. — La *température effective* d'une étoile, c'est celle d'un corps noir dont le flux total (en lumière totale) par unité de surface est le même que celui de l'étoile.

La *température de brillance* d'une étoile, c'est celle d'un corps noir dont le flux monochromatique est, par unité de surface, le même que celui de l'étoile, dans la même longueur d'onde. Si l'étoile ne rayonne pas comme un corps noir, la température de brillance dépend de la longueur d'onde. Comme la température effective, les températures de brillance ne peuvent être mesurées que si l'on connaît distance et rayon de l'étoile.

La *température de couleur* est définie par le rapport des flux lumineux issus de l'étoile, correspondant à deux longueurs d'onde différentes : c'est la température du corps noir qui a pour ces longueurs d'onde le même rapport d'intensité. Il peut arriver qu'entre certaines longueurs d'onde, une étoile n'ait pas de température de couleur. En effet la température de couleur est celle d'un corps noir dont la courbe d'intensité I(λ) à la même *pente* que la courbe correspondante de l'étoile. Or pour une longueur d'onde donnée, cette pente a une valeur maximum : une pente plus grande, éventuel résultat des mesures sur le spectre de l'étoile réelle, ne correspond donc à aucun corps noir.

Une étoile n'est pas exactement un corps noir. — L'observation montre qu'en fait le spectre d'une étoile, sans en être très éloigné, est cependant assez différent de celui d'un corps noir pour que les différentes méthodes d'évaluation de la température aboutissent à différentes valeurs numériques. Donnons par exemple le cas du soleil et celui d'une étoile B :

Tableau I

	Etoile B	Soleil
Température effective	27 000°	5 730°
Températures de brillance :		
à : 3 646 Å (côté ultraviolet de la discontinuité de Balmer)	23 000°	6 200°
à : 3 646 Å (côté violet-bleu)	25 000°	6 500°
à : 10 000 Å (infrarouge)	22 000°	6 000°
Température de couleur entre 3 646 Å et 6 000 Å	43 000° (calculé)	7 100° (mesuré)

On notera que, dans le cas solaire, la température effective est plus basse que les températures de brillance, parce qu'il s'agit des températures de brillance du fond continu. Le grand nombre de raies d'absorption contribue à abaisser la température effective par rapport aux températures de brillance du fond continu (voir aussi fig. 3 et 4).

En quoi donc une étoile diffère-t-elle d'un corps noir, et que représentent alors ces différentes températures ?

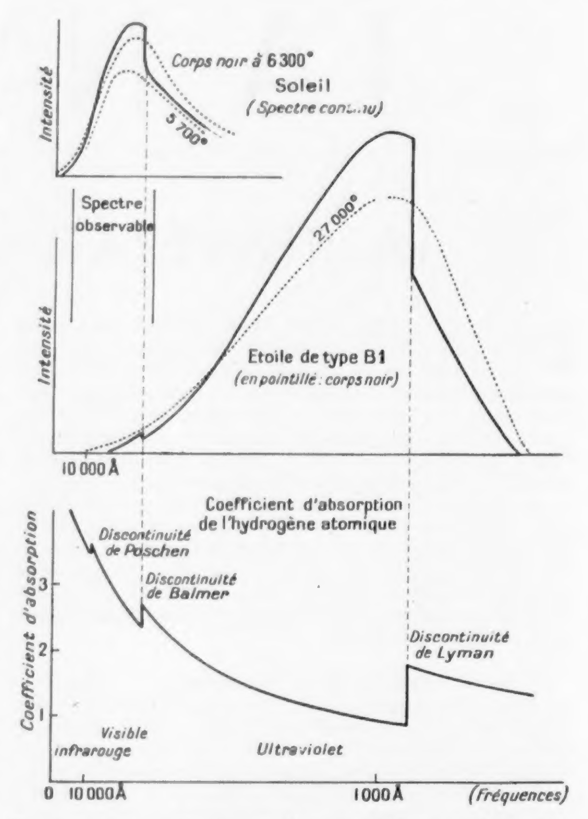


Fig. 3, 4 et 5. — *Spectres continus du soleil* (*en haut*) ***et d'une étoile B1*** (*au centre*), ***et coefficient d'absorption de l'hydrogène atomique*** (*en bas*).

En abscisses, l'échelle des fréquences est la même pour les trois figures. Les spectres continus du soleil et de l'étoile sont en traits pleins. En pointillés, les spectres du corps noir à 6 300°, à 5 700° (température effective du soleil), et à 27 000° pour l'étoile B1 (ici les écarts avec le corps noir sont plus importants) ; le spectre d'une étoile B1 est plus riche en ultraviolet que celui du soleil et la discontinuité de Lyman est très marquée. L'échelle des intensités n'est naturellement pas la même dans les figures 3 et 4 : même dans le visible, l'étoile B1 est plus brillante que le soleil.

On remarquera que pour les fréquences dont l'absorption (fig. 5) est faible, l'intensité du spectre solaire ou stellaire est plus forte que pour les fréquences dont l'absorption est grande (régions opaques). Dans le cas d'une étoile B1, la comparaison est facile ; dans le cas du soleil, elle est plus malaisée du fait que l'absorbant principal n'est pas l'atome d'hydrogène.

Que représentent les différentes « températures » d'une étoile ? — Comment la lumière sort-elle de l'étoile ? Les régions centrales sont très chaudes et sont les seules, pour cette raison, à être génératrices d'énergie. Mais le spectre que l'on observe correspond à des températures bien plus basses : alors qu'au centre du soleil, la température est d'environ 20 millions de degrés (nous reviendrons plus loin sur cette évaluation), les températures déduites de l'étude des spectres continus se situent autour de 6 000°. En fait le rayonnement issu des régions centrales, très riche en ultraviolet, est absorbé puis réémis par des régions plus froides, ce processus étant répété un grand nombre de fois avant que la lumière ne sorte de l'étoile. Dans ce voyage la lumière change de couleur et, si la quantité d'énergie lumineuse reste la même, le rayonnement devient de plus en plus rouge et infrarouge. Finalement le rayonnement observé caractérise seulement les dernières couches traversées, les couches extérieures de l'étoile.

Or ces couches extérieures (que l'on nomme souvent « atmosphère » ou, dans le cas du soleil, « photosphère ») sont inégalement transparentes aux rayonnements des différentes longueurs d'onde : elles sont en effet formées d'atomes d'hydrogène, d'hélium, qui sont des absorbants sélectifs. Ainsi l'hydrogène atomique a un coefficient d'absorption continue qui dépend fortement de la longueur d'onde (fig. 5).

Par suite, le rayonnement correspondant aux régions du spectre pour lesquelles la matière est absorbante se comporte différemment de celui qui est moins facilement absorbé. Celui-ci provient de régions profondes de la photosphère, celui-là au contraire vient de régions très voisines de la surface : en somme, le coup de sonde que constitue l'étude du spectre donne des indications sur diverses couches de l'étoile suivant la longueur d'onde choisie. Ainsi la *température de brillance* caractérise des régions plus ou moins profondes, donc plus ou moins chaudes. On conçoit donc qu'elle soit plus élevée pour les longueurs d'onde correspondant aux régions transparentes du spectre.

La *température effective* est une sorte de moyenne des températures de brillance : elle définit assez bien la température de l'atmosphère de l'étoile.

Quant aux *températures de couleur*, nous avons déjà vu qu'elles ne correspondent à aucune grandeur physique bien définie. Leur rôle est seulement d'être une quantité facilement mesurable, dans des conditions assez générales. Elles permettent des comparaisons entre différentes étoiles. Mais il paraît souhaitable d'abandonner l'expression ambiguë « températures de couleur » pour parler seulement d'indices de couleur, ou de gradients...

L'étude des raies. — Le spectre continu n'est pas le seul moyen d'investigation des températures des atmosphères stellaires. En effet, à ce spectre continu se superpose un spectre de raies d'absorption caractéristiques des différents atomes de l'atmosphère. L'état d'ionisation ou d'excitation de ces atomes est mesuré par l'intensité des raies spectrales correspondantes. Si l'atmosphère est très fortement ionisée (hautes températures, basses pressions) les raies d'atomes ionisés sont plus intenses que celles des atomes non ionisés ou neutres. L'excitation des atomes ne dépend que de la température; elle croît avec la température. On connaît bien (lois de Boltzmann-Saha) la façon dont l'excitation et l'ionisation dépendent de la température et de la pression. Ces lois fixent le nombre d'atomes dans l'état initial de la transition correspondante d'une raie donnée. La raie est d'autant plus intense que ce nombre est plus grand.

Les figures 6 et 7 nous montrent comment varient les raies du silicium avec la température et comment elles varient d'un type spectral à l'autre. Cette figure peut servir de justification à la classification spectrale puisqu'elle nous montre la correspondance entre type spectral et température. Les figures 9 et 10 montrent comment le spectre de raies

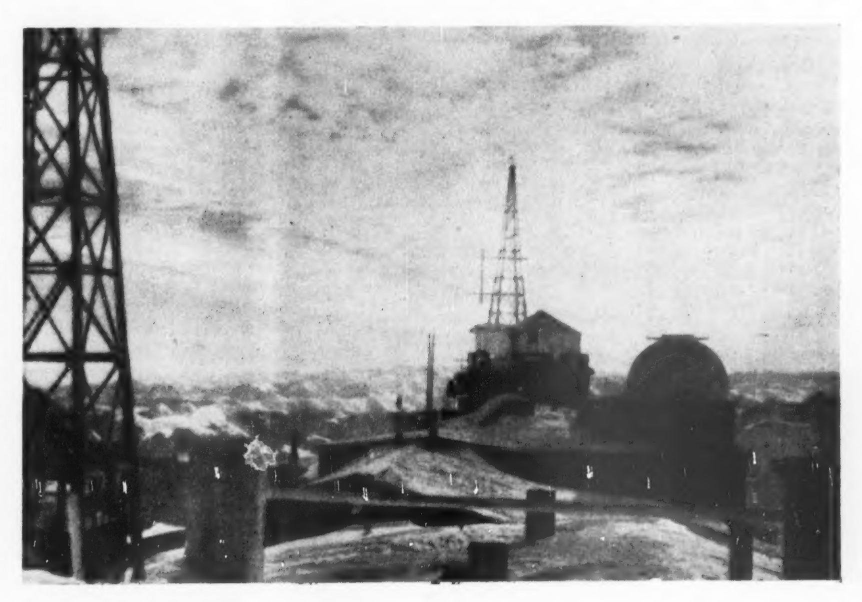


Fig. 8. — *L'Observatoire du Pic du Midi.*
Observatoire spécialisé dans l'étude du soleil et des planètes : altitude : 3 000 m.
(*Photo* PECKER).

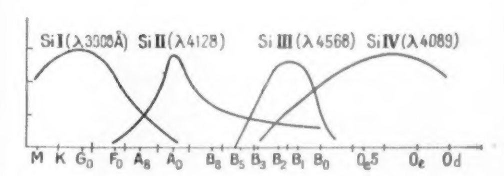


Fig. 6. — Variations de l'intensité de quelques raies du silicium selon le type spectral des étoiles.
(D'après PAYNE).

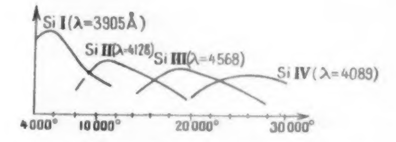
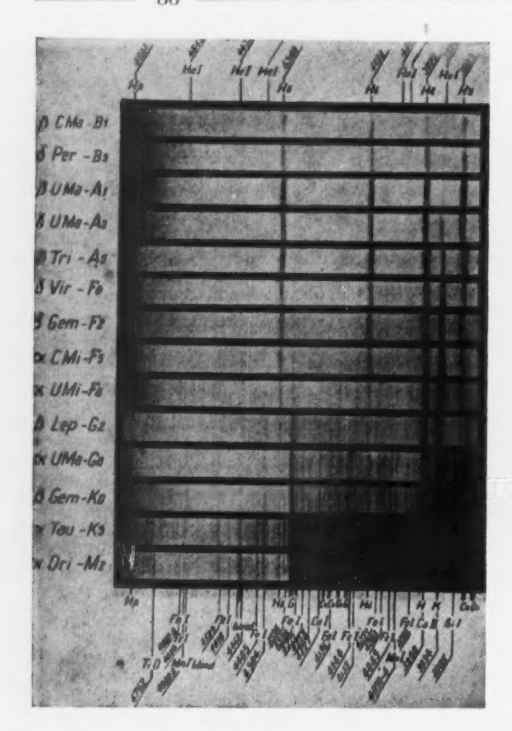


Fig. 7. — Variations de l'intensité de quelques raies du silicium selon la température.
Cette figure permet de raccorder, en première approximation, les notions de type spectral et de température ; on peut ainsi obtenir les températures d'ionisation correspondant aux étoiles étudiées.
(D'après FOWLER et MILNE).

varie d'un type spectral à l'autre, à mesure que la température s'élève.

Nous n'entrerons pas dans le détail des méthodes utilisées. Sachons seulement que les mesures de raies spectrales permettent d'obtenir des températures d'ionisation ou d'excitation qui correspondent aussi à des températures moyennes de la photosphère. Comme les raies se forment dans des régions de l'atmosphère plus proches de la surface que celles où se forment le spectre continu, ces températures sont en général plus basses que la température effective et que les températures de brillance.

L'échelle des températures stellaires. — L'ensemble des résultats obtenu permet d'abord d'établir une correspondance étroite entre les types spectraux et la température. Sur la figure 11 on peut voir les résultats obtenus par Kuiper (tem-



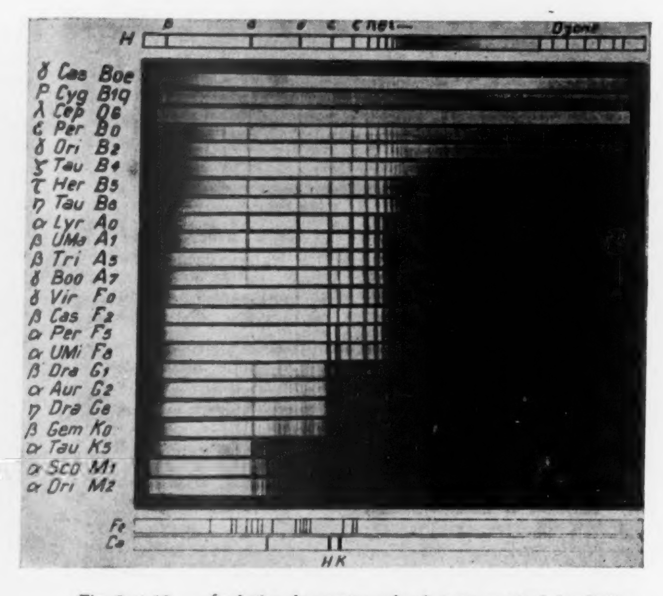
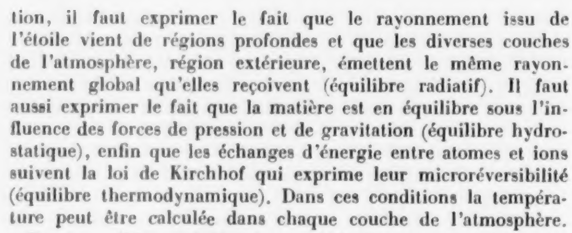


Fig. 9 et 10. — *Évolution du spectre selon le type spectral des étoiles.*
En regard de chaque spectre, indication de l'étoile et de son type. Du haut vers le bas, les températures sont décroissantes. Certaines raies apparaissent, d'autres moins nombreuses disparaissent ; on note l'évolution des raies intenses H et K du calcium ionisé, celle des raies de l'hydrogène, l'apparition dans les étoiles froides de bandes moléculaires.
(*Clichés* Chalonge, *montage* G. de Vaucouleurs).

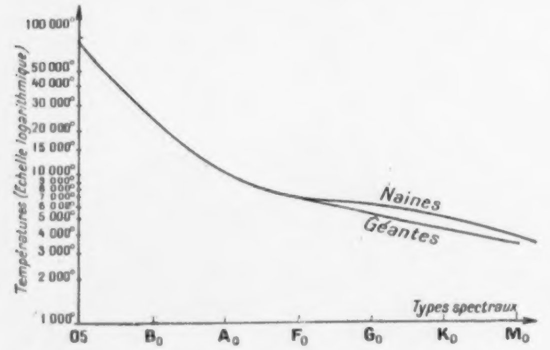
pératures effectives). Il faut noter ici que l'on ne peut obtenir de résultat très général, car les différentes méthodes pour mesurer la température conduisent à des résultats différents, et l'obtention de la température effective, impossible par voie directe, reste encore imprécise. Rappelons aussi que ces températures ne concernent que les couches extérieures de l'étoile, où se forme le spectre.

Les modèles stellaires. — Nous avons vu comment l'étude du spectre de raies et du spectre continu permet d'obtenir une idée des températures « moyennes » de l'atmosphère de l'étoile. Il est possible de faire mieux, et de déterminer comment varie la température dans cette atmosphère, d'en calculer ce qu'on appelle un *modèle*.

Nous avons plusieurs méthodes à notre disposition : tout d'abord, l'étude théorique montre que la répartition des températures dans l'atmosphère doit permettre à certaines conditions d'équilibre d'être réalisées. Pour calculer cette réparti-


tion, il faut exprimer le fait que le rayonnement issu de l'étoile vient de régions profondes et que les diverses couches de l'atmosphère, région extérieure, émettent le même rayonnement global qu'elles reçoivent (équilibre radiatif). Il faut aussi exprimer le fait que la matière est en équilibre sous l'influence des forces de pression et de gravitation (équilibre hydrostatique), enfin que les échanges d'énergie entre atomes et ions suivent la loi de Kirchhof qui exprime leur microréversibilité (équilibre thermodynamique). Dans ces conditions la température peut être calculée dans chaque couche de l'atmosphère.

Il est possible aussi d'avoir une idée de cette répartition des températures d'après l'interprétation plus ou moins empirique des mesures. Nous avons déjà remarqué que les températures



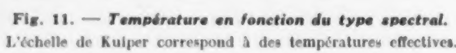


Fig. 11. — *Température en fonction du type spectral.*
L'échelle de Kuiper correspond à des températures effectives.

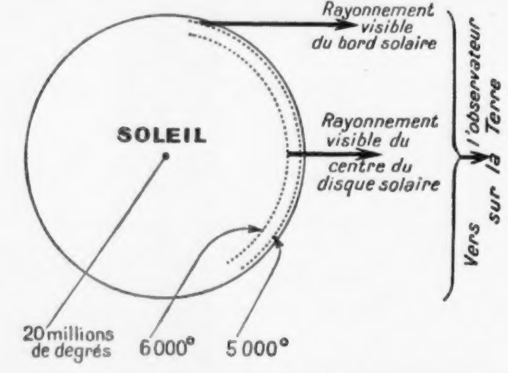


Fig. 12. — *L'assombrissement et le modèle de l'atmosphère solaire.*
Le rayonnement issu du bord solaire donne des indications sur les régions superficielles ; le rayonnement issu du centre du disque provient de régions profondes.

Modèle empirique (selon Barbier) déduit des mesures d'assombrissement

Modèle théorique (équilibre radiatif)

Température: 6 000°, 5 500°, 5 000°, 4 500°

Profondeur optique (à λ=5000 Å): 0, 0,5, 1

Fig. 13. — *Modèles de l'atmosphère solaire.*
En ordonnées, la température. En abscisses, la « profondeur optique » ; cette grandeur, qui caractérise avec précision une couche de l'atmosphère, est d'autant plus élevée que la couche envisagée est plus profonde et que la matière est plus opaque ; elle dépend donc de la longueur d'onde. Il s'agit ici de la profondeur optique dans le jaune. Les régions de profondeur optique supérieure à 1 contribuent très peu à la composition spectrale du rayonnement observable.

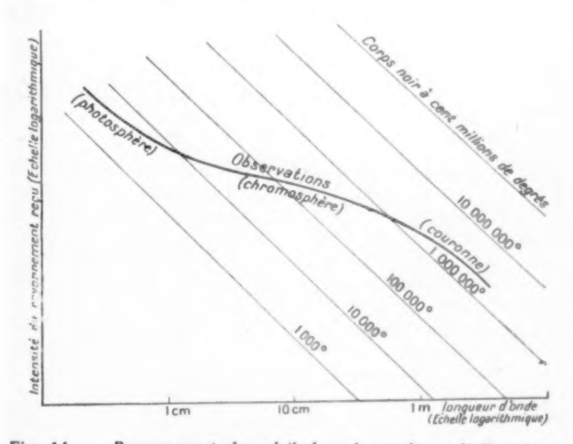


Fig. 14. — *Rayonnement du soleil dans les ondes radioélectriques.*
Le rayonnement métrique vient de la couronne (un million de degrés) ; le rayonnement centimétrique, de la chromosphère (30 000°). La chromosphère et la couronne sont tout à fait transparentes au rayonnement visible qui provient de la photosphère (5 000°).

de brillance et d'excitation renseignent sur différentes couches de la photosphère. Mais d'autres phénomènes dépendent aussi du modèle : ainsi l'intensité du rayonnement au bord du soleil donne des indications sur les régions superficielles (fig. 12). Au centre du disque au contraire, ce sont les régions les plus profondes qui influencent le rayonnement. Citons aussi l'utilisation qu'on peut faire des raies : certaines d'entre elles, de faible potentiel d'excitation, sont formées dans des régions plus proches de la surface que les raies de potentiel d'excitation élevé. Les résultats de cette étude empirique sont différents de ceux de l'étude purement théorique : en effet les hypothèses faites, équilibre radiatif, etc., ne sont réalisées qu'imparfaitement.

Cas du soleil. — Le cas du soleil est particulièrement bien connu. Tout y est mesurable, et sans grandes difficultés. Dans le tableau I nous avons déjà donné la valeur des températures déduites de l'étude du spectre continu. Sur la figure 13, nous avons tracé un modèle théorique et un modèle empirique déduit des mesures d'assombrissement : la différence entre les deux est assez grande et doit être réduite à la fois par des améliorations du calcul théorique et l'élimination des erreurs d'observation, très importantes au voisinage du bord du disque solaire.

Le spectre continu et les raies d'absorption dans les longueurs d'onde du spectre visible ne sont pas les seules données utilisables. L'étude du rayonnement radioélectrique donne d'autres indications. En effet des régions ténues, la couronne et la chromosphère, transparentes au rayonnement visible, entourent le soleil. Ces régions sont opaques au rayonnement radio : celui-ci donnera donc des renseignements sur les températures dans ces couches : les températures de brillance obtenues ainsi sont très élevées (fig. 14). Une autre source d'information sur la chromosphère et sur la couronne sont les intensités des raies brillantes qui y sont formées (raies visibles pendant les éclipses) ou le centre des fortes raies d'absorption du spectre solaire visible. En effet pour les longueurs d'onde correspondant au centre de telles raies, le coefficient d'absorption passe par un maximum très aigu : le rayonnement correspondant vient de la chromosphère; celui de même longueur d'onde venant des couches profondes étant en effet tout à fait absorbé par la photosphère et par la basse chromosphère.



Fig. 15. — *Dans la grande coupole du Pic du Midi.*
M. de Jager, de l'Observatoire d'Utrecht, guide le coronographe pendant la prise d'un spectre solaire. Avec cet appareil, Bernard Lyot a mesuré le premier la température de la couronne.
(*Photo* Pecker).

Les régions centrales des étoiles. — Il nous reste à décrire les couches les plus profondes des étoiles : en effet, le spectre ne donne d'indication que sur les régions traversées en dernier lieu par l'énergie rayonnée, c'est-à-dire sur l'atmosphère. On peut aussi calculer les températures qui règnent dans les régions plus profondes, en utilisant la théorie du débit d'énergie dû aux réactions nucléaires, comme en résolvant les équations d'équilibre. On trouve alors que la température centrale de toutes les étoiles varie peu d'une étoile à l'autre et prend les valeurs considérables de 10 à 20 millions de degrés.

Jean-Claude Pecker,
Maître de conférences à la Faculté des Sciences
de Clermont-Ferrand.

Un pêcheur au bord de l'eau et le problème du botulisme

Depuis quelques années, les promeneurs du dimanche ont pu voir au bord des étangs domaniaux des forêts de l'Ile-de-France un pêcheur, pêchant avec obstination sous la pancarte même des Eaux et Forêts : « Pêche interdite ». Cette audace insolite n'a pas manqué de lui attirer sarcasmes, menaces et plaisanteries. Mais imperturbable, le pêcheur continuait à pêcher, sous le soleil torride de juillet ou les pluies torrentielles des orages d'août, la bise aiguë de décembre ou les grêlons de mars. Apparemment, rien ne le distinguait d'un autre pêcheur. Pourtant, si un garde forestier venait le saluer, c'était avec le plus grand respect et un court entretien s'engageait, dans lequel le représentant de l'autorité s'informait si les prises étaient belles et intéressantes.

Si un observateur silencieux s'installe à côté de ce pêcheur, il le voit mettre soigneusement chaque poisson capturé dans une bourriche immergée pour le conserver vivant le plus longtemps possible, et trier les espèces pour ne pas les mélanger. Si un représentant de l'autorité ne le connaissant pas s'approche de lui et lui dit d'un ton bourru : « La pêche est interdite, vos papiers ! », il tire son portefeuille et en extrait une grande feuille à en-tête du Ministère de l'Agriculture, Section des Eaux et Forêts, que le gendarme lit avec considération et lui rend respectueusement.

Ce pêcheur n'est en effet ni un braconnier, ni un resquilleur. Il est muni d'un « permis de pêche naturaliste » qui l'autorise à pêcher dans toutes les eaux de France relevant du Ministère de l'Agriculture « en tout temps et avec tous engins maniés par lui-même ». Ce permis, très rare, n'est parcimonieusement délivré que pour des buts rigoureusement scientifiques. Voyons ce que deviennent les gardons, rotengles, brèmes, perches, tanches, carpes, anguilles et brochets capturés par ce pêcheur. Le soir même de la capture, ils sont mis en glacière et dès le lendemain autopsiés soigneusement. L'intestin est prélevé et sert de matériel d'ensemencement pour la recherche des bactéries anaérobies. De multiples problèmes biologiques, en effet, ne peuvent être résolus que par l'étude des anaérobies de l'intestin des poissons. Les uns sont purement théoriques, les autres d'ordre essentiellement utilitaire. Nous commencerons par exposer quelques-uns de ces derniers et, pour débuter, le cas du botulisme.

Quand, en 1896, le grand bactériologiste belge Van Ermengen découvrit le *Clostridium botulinum*, agent de la terrible « maladie des saucisses », le botulisme, tous les espoirs de guérir rapidement et complètement cette paralysie mortelle par le sérum furent permis. En effet, la toxine fut rapidement obtenue et malgré son effroyable puissance (c'est le poison le plus actif connu) on put en réaliser l'antitoxine. Hélas, cette antitoxine ne sauva qu'un tout petit nombre de malades et on attribua ce fait à ce que la sérothérapie curative n'était jamais instituée assez précocement. La vérité sur ces échecs répétés ne commença à se faire jour que vers 1910-1918, soit près de 20 ans après. En 1910, Leuchs isole des souches authentiques de *Clostridium botulinum* de conserves contaminées ayant provoqué des cas indiscutables de botulisme, mais dont la toxine n'est pas neutralisée par l'antitoxine de Van Ermengen. Il en conclut qu'il existe deux botulismes différents, causés par deux toxines différentes, et il appelle *Cl. botulinum* A le type toxinogène découvert en Belgique et *Cl. botulinum* B le nouveau type toxinogène. Le premier est avant tout un germe tellurique, le second se trouve surtout dans l'intestin du porc (d'où il passe dans le sang quand l'abattage n'a pas été fait suivant les règles de l'hygiène et contamine alors les jambons simplement fumés ou insuffisamment stérilisés). Ces faits furent confirmés par Dickson en 1918 et l'antitoxine B devint d'usage courant. A ce moment, la mortalité qui, avant Van Ermengen, était voisine de 80 pour 100 et était encore de près de 60 pour 100 après la découverte de la sérothérapie anti-A, tomba vers 40 pour 100 quand on fit l'usage du sérum bivalent anti-A + B. Celui-ci devint plus facile à produire quand, en 1925, deux pasteuriens, Weinberg et Goy, réalisèrent l'anatoxine botulique.

A cette époque, on essaya de traiter par la sérothérapie curative A + B les nombreux cas de botulisme animal qui surgissaient de par le monde. Pour donner une idée de l'ampleur du fléau, citons la statistique vétérinaire officielle pour l'Afrique du Sud : chaque année, 100 000 bovidés meurent de botulisme dans ce pays. Le résultat fut un échec total. Le sérum A + B n'a aucune action sur le botulisme animal. De nouvelles recherches s'imposaient : en 1922, I. Bengtson découvre un nouveau type toxinogène qu'elle appelle *Cl. botulinum* C. Il est avant tout l'agent du botulisme des oiseaux de basse-cour (poulets, dindons, canards, oies) et des oiseaux sauvages (canards sauvages, vautours, etc.). On le trouve dans la boue des grands lacs du Canada et des États-Unis d'où il se localise sur les plantes aquatiques, y produit sa toxine mortelle qui peut tuer des centaines de milliers d'oiseaux d'eaux; mais il peut aussi contaminer le fourrage des équidés et des bovidés et tuer ces animaux avec les mêmes symptômes que ceux du botulisme humain A ou B. Les bovidés, les équidés, les oiseaux de basse-cour traités à temps par le sérum anti-C guérissent de façon spectaculaire. Mais ce sérum anti-C reste absolument sans effet sur une autre forme de botulisme équin et bovin d'Afrique du Sud nommé « Lamsickte ». C'est à Theiler qu'il appartenait de découvrir en 1926 l'agent responsable de ce type D et à Meyer et Gunnisson d'en étudier la toxine et d'en produire l'anatoxine et l'antitoxine. A partir de cette époque, le botulisme animal traité par le sérum bivalent C + D fut guéri dans des proportions très élevées. Mais le problème du botulisme n'en a pas été pour cela résolu : une nouvelle forme humaine, hautement mortelle, apparut en Russie, en Allemagne, au Canada et aux États-Unis après ingestion de conserve de poisson. Les quatre sérums, anti-A, anti-B, anti-C et anti-D échouèrent. Il appartenait à trois savants américains, Gunnison, Cummings et Meyer, d'en découvrir l'agent en 1936, qu'ils nommèrent *Cl. botulinum* E, d'en isoler la toxine et d'en préparer le vaccin et le sérum. Entre les mains du savant canadien Dolman, ce sérum a guéri de nombreux cas humains qui sans lui auraient été mortels. Telle est l'histoire de l'évolution de nos connaissances sur le botulisme à travers le monde.

Revenons maintenant à notre pêcheur au bord de l'eau. En France, avant 1939, on ne reconnaissait que le type B à l'origine du botulisme. La guerre de 1939-1945, qui a obligé les habitants des grandes villes à faire des conserves « à la maison », a fait apparaître le type A sur une large échelle. La vaccination et la sérothérapie bivalentes A + B a fait baisser considérablement la mortalité du botulisme humain en France. Peu après, à l'Institut Pasteur, on s'est inquiété d'une étrange maladie qui tuait les chevaux en quelques heures ou en quelques jours et qu'on appelait à tort méningo-encéphalite. L'étude de cette maladie au laboratoire des anaérobies en a fait trouver la cause : c'est le botulisme D. Aussitôt la toxine fut isolée, le vaccin et le sérum réalisés : ces chevaux guérirent dans une proportion très élevée. Mais récemment, un foyer important apparut dans l'Oise où six chevaux moururent malgré le sérum

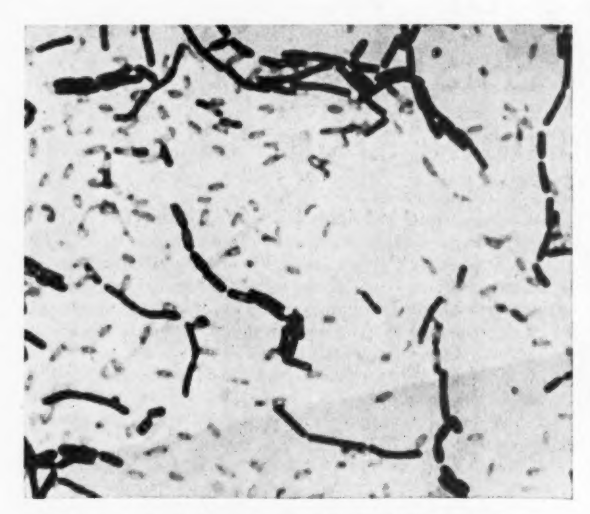


Fig. 1. — *Souche française P 34* de Clostridium botulinum E *isolé de l'intestin de Perche.*
On distingue sur cette microphotographie les formes végétatives, les formes sporulées et les spores clostridiennes libres de la bactérie.
(Service de Microphotographie de l'Institut Pasteur).

anti-D. Ceci permit d'isoler en France le type C, de produire sa toxine et de préparer son anatoxine et son antitoxine.

Désormais, le botulisme animal est soigné par la médication bivalente C + D avec plein succès. Mais par contre, entre temps, à Jeumont apparut pour la première fois en France un foyer de botulisme humain d'origine pisciaire : trois personnes d'une même famille ayant mangé une boîte de pilchards présentèrent les paralysies botuliques. Ceci obligea l'Institut Pasteur à préparer le sérum anti-E. Les souches canadiennes, demandées d'urgence et envoyées par avion de Vancouver, arrivèrent ayant complètement perdu leur pouvoir toxinogène : c'est un fait bien connu chez les microbes anaérobies toxiques et plus particulièrement chez les souches de *Cl. botulinum*. C'est alors que notre pêcheur essaya de trouver une souche toxinogène en France. Il lui fallut pour cela capturer et autopsier 176 poissons et c'est dans l'intestin de la perche n° 34 qu'il trouva une souche toxinogène qu'il identifia avec *Cl. botulinum* grâce à l'antitoxine E de Dolman (fig. 1). Il prépara le vaccin et le sérum et quand le deuxième cas français se présenta (un jeune homme qui, à Paris, avait ingéré une conserve de thon faite à la maison), tout fut prêt pour le traiter. Le malade guérit. Par la suite, un troisième cas, très grave, avec paralysies complètes, se présenta à Soissons et guérit également avec le sérum P 34.

Mais le pêcheur est obligé de continuer à pêcher, car le pouvoir toxinogène des souches est éphémère : il faut en trouver d'autres pour maintenir la valeur de ces sérums et de ces vaccins.

Au reste il ne cherche pas seulement les germes du botulisme dans l'intestin de ses poissons. Sortant du domaine utilitaire, il a étudié la bactéristique [1] de l'intestin des poissons. Il y a retrouvé une image de ce qu'il avait trouvé dans toutes les boues fluviales et marines du monde entier [2] : une formule écologique comprenant une microflore nécessaire (*Welchia perfringens*, *Clostridium sporogenes*, *Cl. bifermentans*, *Cl. valerianicum*) et une microflore contingente (*Eubacterium* sp. et *Cillobacterium* sp.). Cela lui a permis de résoudre, entre autres, un problème de pathologie comparée : depuis deux ans, en juin-juillet, les soffies de l'Hérault mouraient par milliers au grand désespoir des pêcheurs; quelques cadavres de soffies envoyés à l'Institut Pasteur ont permis à notre pêcheur de porter le diagnostic de charbon symptomatique, maladie jusqu'ici inconnue chez le poisson d'eau douce et d'en isoler l'agent : *Clostridium chauvœi*. Or ce microbe n'existe jamais dans l'intestin du poisson normal. Donc les soffies de l'Hérault contractaient le charbon symptomatique, maladie du gros bétail, par contamination. En cherchant la source de la contamination, on a trouvé des abattoirs clandestins qui jetaient dans l'Hérault les intestins et les charognes de porteurs de germes. Il suffit de fermer ces abattoirs pour faire cesser la maladie.

Passons maintenant aux recherches théoriques. Tout d'abord un problème général de nutrition : comment les poissons herbivores digèrent-ils la cellulose et la pectine des plantes aquatiques dont ils se nourrissent ? Est-ce, à la manière des herbivores supérieurs, par l'entremise des bactéries cellulolytiques et pectinolytiques ? Quelques expériences ont permis à notre pêcheur de répondre oui : l'intestin des poissons herbivores est rempli, entre autres bactéries, d'anaérobies cellulolytiques et pectinolytiques et ce sont ces microbes qui attaquent ces matières non assimilables pour les transformer en produits solubles directement assimilables.

Autre problème : les eaux renferment de nombreuses bactéries anaérobies sulfito-réductrices; ces bactéries se maintiennent-elles dans l'intestin du poisson ? Si oui, les méthodes pour les isoler seront d'autant simplifiées. Quelques expériences furent faites et notre pêcheur constata avec surprise que non seulement tous les sulfito-réducteurs habituels des eaux vivent dans l'intestin du brochet, mais d'autres encore, jusqu'ici inconnus et appartenant à la catégorie des anaérobies facultatifs. Ainsi l'intestin du poisson peut nous permettre de découvrir des lois nouvelles de la physiologie bactérienne, comme il permet de découvrir des microbes utiles à la thérapeutique.

Promeneurs qui lisez ces lignes, si vous rencontrez ce pêcheur au bord de l'eau, ne l'accablez pas; laissez-le pêcher en paix : il cherche à résoudre des problèmes mystérieux de bactériologie, de pathologie et de physiologie; et parfois il trouve des remèdes aux maux de l'homme et des animaux.

A. R. Prévot,
Chef de service à l'Institut Pasteur.

1. Néologisme correspondant à « faunistique » pour les animaux et « floristique » pour les plantes.
2. Voir A. R. Prévot, L'ubiquité des bactéries anaérobies et la notion nouvelle de « microflore originelle». *La Nature*, n° 3205, mai 1952, p. 147.

Un champignon résistant

M. Alan Burges et Mme Barbara Chalmers, de l'École de botanique de l'université de Sydney, viennent de communiquer à notre confrère anglais *Nature* un fait intéressant. Au début de 1951, en Nouvelle Guinée, le Mont Lamington, qui est un volcan, présenta une violente éruption au cours de laquelle des cendres chaudes couvrirent les alentours sur plusieurs kilomètres, brûlant la végétation. Peu de temps après, un vulcanologiste, M. G. A. Taylor, explorant la zone dévastée, y observa de grandes taches roses qu'il reconnut dues à un champignon ; il en recueillit des fragments qu'il envoya à Sydney où l'on détermina une espèce de *Neurospora*, probablement *N. crassa*. C'est une espèce connue pour ses méfaits dans les boulangeries et les locaux chauffés. Ses ascospores germent rapidement quand elles ont subi quelque temps une assez haute température, par exemple 60° pendant une heure. Les cendres lui avaient servi de stimulant et lui avaient permis d'être la première espèce de repeuplement.

LES GENRES DE VIE DE L'HOMME PRÉHISTORIQUE

2. PRÉLUDES A LA RÉVOLUTION NÉOLITHIQUE [1]

Chasseurs et pêcheurs du Mésolithique. — Le climat pré-boréal, du milieu du neuvième au septième millénaire avant notre ère, apporte une sensible élévation de la température. Juillet passe de 8 à 12° dans le nord de l'Europe. Une lente évolution de la faune, plus lente encore de la flore, se poursuit. Le fait le plus spectaculaire est certainement la remontée des rennes vers le nord, d'un mécanisme complexe. Les amplitudes saisonnières du renne furent de plus en plus septentrionales ; elles descendirent moins loin vers le sud, remontèrent plus au nord, accompagnées de chasseurs magdaléniens attachés à leurs traces. Les rennes étaient disparus dans le Bassin Parisien que des hardes isolées vivaient encore dans les montagnes, Pyrénées ou Alpes, refuges résiduels, et que leur grande migration occupait le nord de l'Allemagne. Des tentes circulaires, recouvertes de peaux, témoignent de ces haltes de chasse d'été.

Jusque vers — 5 000, la température s'élève, avec une nette tendance continentale. La forêt s'instaure, avec bouleau et pin dominants, et déjà orme, chêne, tilleul de la chênaie mixte acquièrent de l'importance.

C'est en ces climats plus cléments, en ces paysages nouveaux où alternent prairies et forêts vertes que se développent de misérables civilisations dites « mésolithiques », assurant une pénible transition entre les grands chasseurs paléolithiques et les premiers paysans néolithiques. Les gisements, leur aire de répartition, le matériel archéologique, les débris de cuisine, tout semble marquer comme un « appauvrissement » de la vie humaine, appauvrissement assez curieux, puisque les conditions naturelles de vie s'améliorent ! Si le renne disparaît, le cerf est là, nombreux, avec le sanglier, le bœuf, le cheval... On assiste pourtant à une adaptation besogneuse. Elle se marque dans le renouveau de la collecte, et d'une collecte facile, celle des coquillages. L'industrie du silex adopte un format microlithique, aussi bien dans les pointes, armatures nouvelles de trait, que dans les grattoirs ronds, outils usuels de transformation. On pourrait croire, pour l'Occident, au départ massif de chasseurs mâles, avec les migrations de rennes, et qu'ils ne seraient pas revenus. Femmes, enfants, vieillards restés aux foyers se seraient adaptés à une vie moins active de ramasseurs d'escargots. Mais ce nouveau genre de vie s'avère mondial, sous les climats et les sols les plus divers : aux Indes ou en Palestine, en Afrique du Nord et sur les rivages de l'Atlantique, dans les grottes pyrénéennes, sur les sables de l'Europe hercynienne.

Au Mas d'Azil, dans les cendres et foyers de ces périodes, le renne disparu est remplacé abondamment par le cerf. Des lits de l'escargot *Helix nemoralis*, épais de 30 cm, s'étendent sur 10 à 15 m de longueur. Cheval, bœuf, cerf, sanglier marquent l'implantation de la faune actuelle dans les couches supérieures. Ces « Aziliens » se sont révélés industrieux en s'adaptant habilement au nouveau matériau osseux : les harpons magdaléniens à fût rond, en bois de renne, font place aux harpons aziliens, à section aplatie, en bois de cerf, avec toute une gamme transitionnelle (proto-azilien de la Vache, Ariège).

Dans les Alpes, les Aziliens sont chasseurs de marmottes. Ils passent l'hiver dans les plaines rhodaniennes, gagnent les pentes aux beaux jours, les sommets en plein été (Méaudre, Isère, à 1 100 m), en une véritable transhumance de chasseurs.

Les Sauveterriens ne connaissent qu'un outillage de petits instruments triangulaires, de fines lamelles à dos abattu, de minuscules burins, dont le micro-burin, déjà connu en plus d'un gisement leptolithique occidental (fouilles L. Coulonges). Les escargots sont encore innombrables. Les Tardenoisiens, plus tardifs, augmenteront les types d'outils, sans en augmenter le format : triangles, pointes diverses, trapèzes, segments de cercle, « feuilles de gui » suggéreront longtemps un genre de vie de pêcheur et de chasseur. Ces populations recherchent systématiquement les terres légères, les buttes sableuses (dans le Bassin de Londres, auréole de sables et semis de peuplement tardenoisien se superposent exactement). Cette prédilection pour les sables, régions de drainage naturel en climat humide, s'explique aussi par la résistance de ces buttes à l'implantation forestière. Le paysage actuel, avec ses plaines cultivées et ses buttes sableuses boisées nous offre une curieuse « inversion végétale » (Cl. Barrière).

Ces populations tardenoisiennes, vivant en de petits groupements de huttes, subsisteront médiocrement en pleine période agricole néolithique. Par contact, elles adopteront certaines formes indus-

1. Voir *La Nature*, n° 3213, janvier 1953, p. 12.



Fig. 1. — *Occupation mésolithique tardive en relation avec les cours d'eau, Sprée et Elster noire.*

Points noirs : stations mésolitiques.

(D'après L.-R. Nougier et O. Damerau).

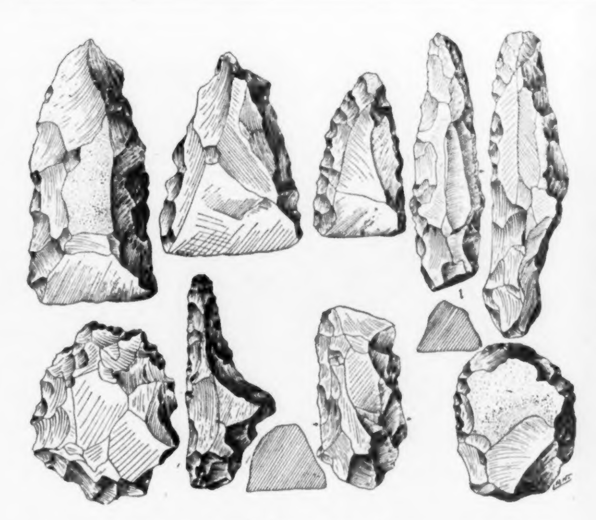


Fig. 2. — *Industrie du Pré-campignien d'Aubel, près de Liége.*
Échelle : un tiers environ.
(Collection J. Hamal-Nandrin).

trielles nouvelles, la pointe de flèche par exemple, mais leurs occupations systématiques des bords de rivière attesteront toujours leur genre de vie de chasseurs et de pêcheurs, issu des vieilles traditions leptolithiques plus ou moins autochtones (fig. 1).

Les premiers paysans. — L'outillage microlithique de silex est incompatible avec la vie forestière, laquelle exige un gros outillage pour la mise en œuvre des ressources nouvelles qu'apporte le bois. En Russie méridionale, dans les grandes plaines septentrionales de l'Europe, avec la forêt se développent des civilisations « forestières », introduisant des « outils à bois » dans des ensembles d'outils microlithiques et osseux.

Les Maglemosiens, pêcheurs et chasseurs côtiers de la Baltique, utilisent des « tranchets » de silex, dans la période climatique boréale du lac à ancyles. Les nouveaux outils seront nombreux dans les gisements de la grande écharpe forestière européenne. Ils y prennent bientôt une part dévorante, au détriment des microlithes de « tradition mésolithique » et de l'outillage osseux, souvent de « tradition leptolithique », créant des civilisations « nouvelles », de caractère macrolithique cette fois. Les civilisations du pic et du tranchet, les civilisations campigniennes s'individualisent.

Leurs premières manifestations indéniables en Occident sont les gisements de la région d'Aubel, en amont de Liège, dans la zone de contact entre le socle hercynien et le bassin anglo-flamand, sur la grande trouée de la Meuse, couloir des migrations et invasions venues de l'est. Ce sont de puissants ateliers en milieu forestier, avec abondance exceptionnelle du pic, du tranchet, du projectile nucléiforme (ou pierre de jet), d'outils à travailler le bois, à section triangulaire, à l'exclusion de toute hache taillée ou polie. Le genre de vie d'Aubel est sédentaire et le séjour y fut de longue durée. Le sous-sol riche en silex, l'infinie ressource de la forêt, expliquent la fixation de l'homme dans ces clairières, en demandant sa subsistance à la chasse (pierres de jet), en confectionnant lances, épieux, javelots en bois, sans doute aussi le bâton à fouir pour une rudimentaire culture de clairière. Les outils de fortune, les racloirs et grattoirs frustes s'utilisent dans la préparation des peaux dont les écorces permettent la conservation (fig. 2).

Mais c'est plus au sud, dans le « creuset civilisateur » du Bassin Parisien, que les Campigniens deviennent paysans, les premiers paysans de notre Occident. Leur antériorité est alors nettement marquée par des faits stratigraphiques, dans le gisement de Montières-Étouvy, en aval d'Amiens, dans la basse terrasse de la Somme.

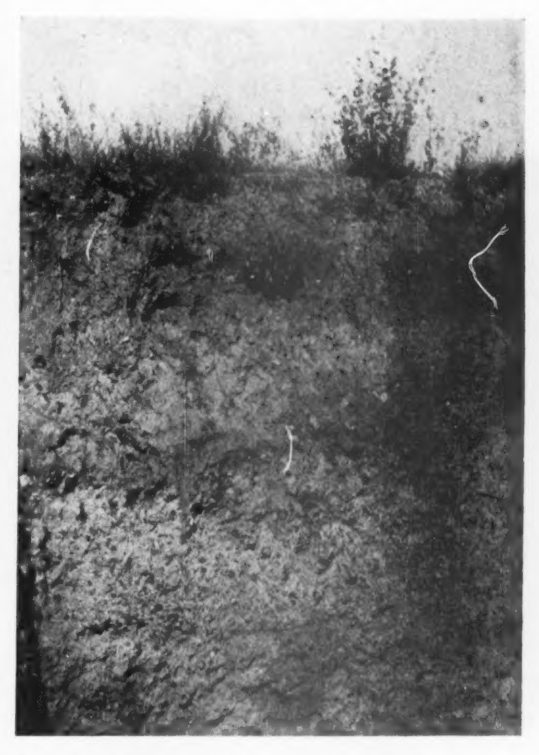


Fig. 3. — *Coupe de la basse terrasse de Montières-Étouvy.*
Couche inférieure claire (graviers) : leptolithique. Couche moyenne grise (terre grise de marais) : campignien. Couche supérieure foncée (limon de lavage) : néolithique avec polissage.
(*Photo* L.-R. Nougier).

Sur un gravier avec industrie à lames leptolithiques, une terre grise de marais contient une industrie « classique » campignienne, pics et tranchets, sans polissage, sous un limon de lavage livrant une industrie postérieure, avec polissage fréquent, le « Néolithique de tradition campignienne » (coupe de la Carrière Jourdan, 28 août 1947, fig. 3).

Avec la civilisation de Montières, le genre de vie offre tous les caractères de l'occupation agricole : domestication et cultures. La faune domestique comprend le chien, le petit bœuf des tourbières, peut-être le sanglier (le milieu biologique, milieu adapté au marécage, incline à penser au *Sus palustris* que nous connaissons domestiqué dans les palafittes). La domestication ne s'est sans doute pas imposée en « bloc », mais au contraire par étapes, avec des progrès, des reculs, des conquêtes d'animaux, des pertes aussi... Le mouton et la chèvre, espèces méditerranéennes, se contentant de terrains secs de pâture, n'apparaîtront que plus tard, au milieu du troisième millénaire.

La faune de la terre grise des marais de Montières est riche de coquilles d'eau douce et de coquilles terrestres : limnées, planorbes, bythinies; elle nous suggère le climat humide de la phase climatique atlantique, de — 5 000 au milieu du troisième millénaire. Sur les terrains primaires, sur les sables tertiaires (peuplés par les tribus tardenoisiennes) la forêt de chênes

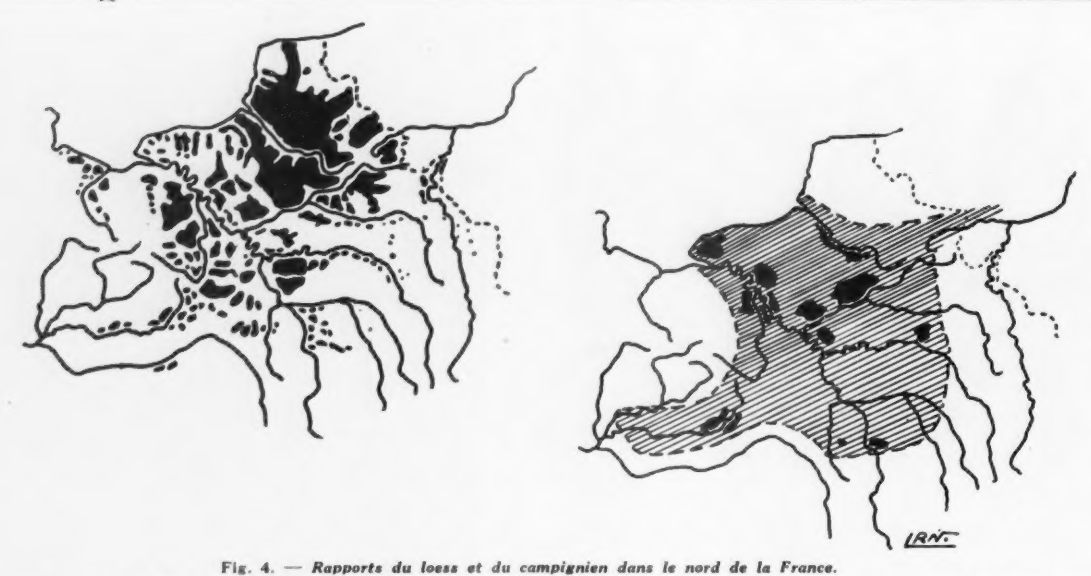


Fig. 4. — *Rapports du loess et du campignien dans le nord de la France.*
A gauche, carte du loess. *A droite*, extension du Campignien classique sans polissage ; les zones noires correspondent au maximum de densité.
(D'après Dubois, Firtion et Nougier).

et de hêtres étend son emprise : forêt épaisse, riche de faune, mais obstacle déjà aux premières tentatives agricoles. La prairie aux nombreuses graminées s'insère dans le domaine forestier, s'étale largement sur les limons des plateaux. C'est la zone des horizons découverts que rongent les marges forestières. C'est aussi le pays de la « culture facile » pour les premières céréales : nature meuble du sol, drainage facile, constitution ni pierreuse, ni glaiseuse.

La répartition des gisements campigniens s'inscrit le plus souvent dans la zone limoneuse qui, étranglée au nord de la Sambre et de la Meuse entre les massifs anciens et les landes maritimes, s'épanouit largement entre l'Oise et la Manche pour achever son extension au nord de la Loire moyenne : carte d'extension des limons loessiques et carte d'extension du Campignien sont superposables et par là-même, suggestives (fig. 4).

Pour la première fois, l'archéologie nous apporte des preuves directes du genre de vie sédentaire et agricole : meules et broyeurs pour moudre le grain, « tranchet-faucille » avec un lustré caractéristique à la partie active, identique au lustré des éléments de faucille de Sumer, d'Elam ou d'Egypte (fig. 5). Des fragments de grands vases à pâte noirâtre grossière attestent la connaissance de la céramique et sont favorables à une sédentarité au moins relative. Les recherches présentes ne permettent pas de préciser les céréales cultivées alors, vraisemblablement le blé et l'orge.

Fig. 5. — *Tranchet-faucille campignien.*
Le lustré typique dû au frottement des céréales est indiqué par des hachures verticales. Grandeur naturelle.
(Collection H. Kelley, Musée de l'Homme).

Le matériel lithique apporte également des preuves de la vie agricole. Pics, haches, houes de silex ont leur utilisation; les tranchets sont adaptés au travail du bois, et le premier araire fut une branche coudée, « armée » d'un silex.

Pour ces premiers paysans, la lutte contre la forêt envahissante est une lutte nécessaire. Ils ont occupé le sol avant l'extension complète de la forêt, ils se sont installés dans les zones non encore envahies, ils « ont pris place dans les clairières et s'en firent les défenseurs » (P. Deffontaines). Le Campignien a recherché systématiquement les contacts entre la forêt et la prairie; il occupe également les lisières et contribue à les fixer. Ces sites de contact lui apportent et les ressources agricoles de la plaine, et les ressources de la forêt (ressources en matériaux, en produits d'appoint, tan, glands..., forêt-refuge pour les animaux sauvages). La lutte de l'homme et de la forêt se montre donc incessante depuis quatre à cinq millénaires et ce serait une vue simpliste d'attribuer encore une trop grande importance aux essartages de Rome ou aux essartages médiévaux. Les preuves d'occupation néolithique des clairières abondent. Plus même, certaines furent abandonnées aux périodes ultérieures, vraisemblablement aux premiers siècles de notre ère, et souvent le défrichement médiéval n'a fait que reconquérir la clairière (clairière de Dillo, dans l'Yonne). Les défrichements modernes n'ont pas toujours regagné à la culture d'anciennes clairières agricoles néolithiques (clairière de Trivaux, en Seine-et-Oise). Le recul de la forêt n'est pas un phénomène régulier. Des contre-offensives forestières se marquent contre l'homme et la forêt a parfois su garder ses « reconquêtes ».

La carte des principaux gisements campigniens dans le Bassin Parisien, au quatrième millénaire avant notre ère, montre ce souci permanent du contact profitable avec la forêt.

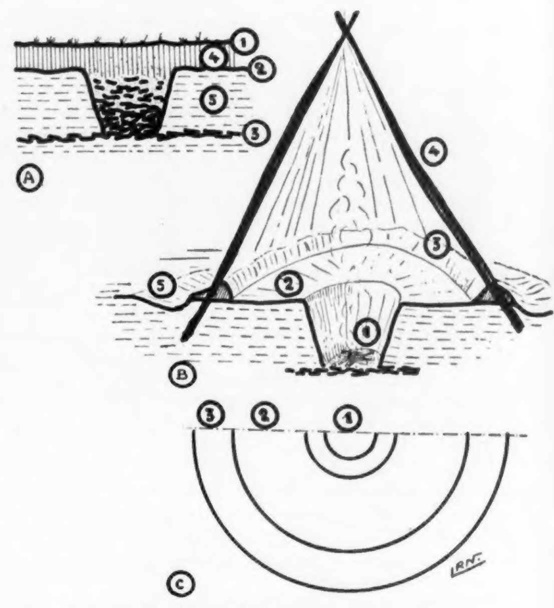


Fig. 6. — *Restitution de la cabane campignienne de Saint-Just-des-Marais.*

En A, coupe de la fosse : 1, sol actuel ; 2, sol campignien ; 3, cailloutis ; 4, terre végétale ; 5, lehm. *En B*, restitution en élévation : 1, fond de foyer ; 2, banquette circulaire ; 3, parados ; 4, charpente ; 5, fossé ayant fourni la terre du parados. *En C*, plan.

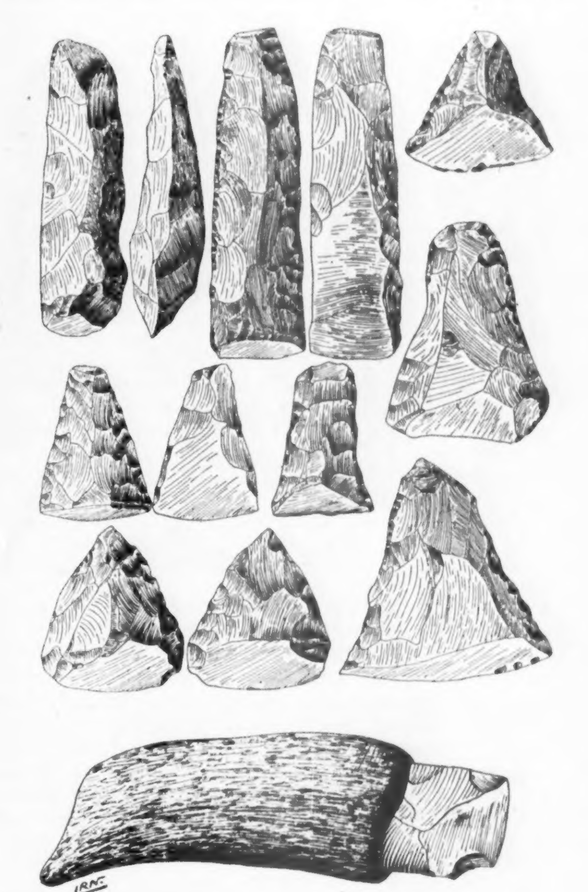


Fig. 7. — *Outillage du « faciès d'habitation ».*

Objets de la cabane de Saint-Just-des-Marais. Demi-grandeur environ. (*Recherches* Thiot, *collection* H. Kelley, *Musée de l'Homme*).

En bas, tranchet emmanché dans un bois de cerf. (*Musée d'Histoire naturelle de Rouen*).

L'exploitation rurale. — Un fond de cabane — plus exactement un « fond de foyer » du Campignien classique — découvert à Saint-Just-des-Marais nous offre, avec le mode d'habitat, l'inventaire complet d'une exploitation rurale de l'époque : meule de grès et pilon, poteries, grands tranchets longs et minces, lames, grattoirs...

La cabane campignienne est de forme circulaire, modèle répandu dans les civilisations forestières antérieures. Le centre est occupé par un foyer, enfoncé de 70 cm, avec un diamètre de 80 cm. Cet enfoncement du foyer se retrouve dans le village d'Ante, de tradition danubienne, et au Fort-Harrouard, d'occupation plus récente. Il était garni de fragments de charbons de bois, de cendres, de tessons de poterie, d'outils craquelés par le feu. Autour du foyer, le sol naturel constitue une banquette circulaire, utilisée pour l'habitat, cerclée par un rempart de terre formant parados et dont les matériaux proviennent, et du fond de foyer, et du fossé circulaire qui emprisonne la cabane, en assurant l'écoulement des eaux de ruissellement. Dans le parados devaient être fichés des branchages se rejoignant au centre de la cabane, en laissant un orifice pour le tirage et l'évacuation de la fumée (fig. 6). Cette « cabane circulaire élémentaire » est la forme la plus simple de l'habitat, encore proche des traditions nomades, maglemosiennes par exemple. Elle devait s'augmenter de constructions semblables, mais sans fond de foyer, pour le bétail. L'exploitation rurale primitive comprenait plusieurs de ces cabanes voisines.

L'outillage est toujours adapté à sa fonction propre. Le matériel des fonds de cabane est de dimensions moyennes; tranchets, ciseaux, grattoirs sont adaptés aux besognes domestiques et constituent le « faciès d'habitation » (fig. 7).

Les exploitations artisanales. — Des gisements plus importants, les « stations-ateliers », comme Châteaurenard dans le Loiret, développent au contraire un matériel de grandes dimensions : larges et massifs tranchets, multiples haches de silex taillé, de formes extrêmement variées, adaptées aux usages les plus divers. Ces établissements couvrent parfois plusieurs hectares et ne sont plus exclusivement agricoles. Une fonction artisanale y apparaît, prélude à l'organisation industrielle qui se manifestera au cours du troisième millénaire. Ces stations-ateliers existent en fonction d'un gîte de silex de bonne qualité. Des artisans le débitent, en tirent les nucléi, « gueuses » de matière utilisable. D'autres les transforment en outils, et chaque « atelier » local est spécialisé, qui dans les tranchets, qui dans les haches de tel type (fig. 8). D'innombrables éclats de fabrication, des milliers de pièces au rebut, en cours de taille, ou déjà en stockage, signalent ce « faciès d'exploitation ». Le gaspillage de la matière première est un des caractères distinctifs de ces artisans; leur aire de répartition est aussi l'auréole géologique des « bons silex »», notamment l'aire du crétacé.

Dans l'Est du Bassin Parisien, entre l'Argonne et la Woëvre (deux régions impénétrables par leurs sols lourds et compacts, leurs forêts épaisses, obstacles au peuplement) le « faciès frontalier » occupe les plateaux de Meuse. Nouvelle adaptation, le pic caractérisé fait défaut. Il n'en était nul besoin, le silex

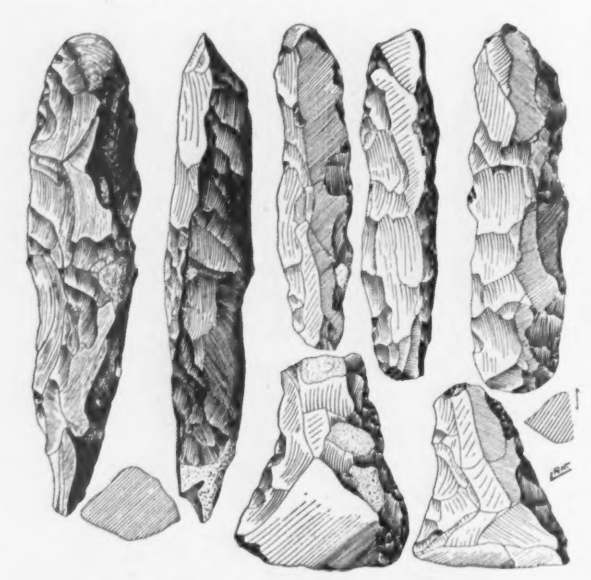


Fig. 8. — *Outillage du « faciès d'exploitation ».*
Grands pics et tranchets. Échelle : un tiers environ.
(*Collections* H. Kelley et L.-R. Nougier).

affleurant et ne nécessitant pas de gros travaux de prospection. Des outils nombreux, avec une face inférieure plane devaient être utilisés pour le travail du bois, car le tranchet traditionnel manque également (fig. 9). En certains secteurs, les Campigniens utilisent le silex des couches argoviennes, plus profondes, ce qui nécessite de creuser d'importantes fosses. L'outillage est de plus fortes dimensions que le précédent. Des haches frustes, souvent à talon droit, fragmentées par le milieu, étaient vraisemblablement emmanchées comme « bipennes » et servaient aux difficiles travaux d'extraction. Cet outillage, d'une facture fruste de décadence, est plus récent que le précédent. Imbus de l'idée d'un perfectionnement industriel général et continu, beaucoup de chercheurs répugnent à placer une industrie grossière postérieurement à une industrie normalement évoluée. Des exemples préhistoriques, protohistoriques nombreux, historiques aussi, montrent cependant le « discontinu » local ou régional des techniques.

Mais le plus bel exemple d'adaptation des artisans campigniens à la matière première, à une matière rebelle, est le « faciès forestier », que certains désignent encore sous le vocable plus géographique de « Montmorencien ». Dans la zone des sables de Fontainebleau, de Montmorency à Nemours, nombreux sont les gisements-ateliers, adonnés à la taille du grès. Le matériau, à texture grenue est assez mauvais et la taille procède généralement par grands éclats. Les outils prismatiques, à section polygonale, avec biseau ou pointe mousse, appelés « écorçoirs », y abondent. C'est un outil original, adapté à une fin locale. De gros rabots, des racloirs, des ébauches de haches, des tranchets y sont également caractérisés. Cette industrie est nettement « campignienne », et par le caractère industriel des gisements, et par les haches et les tranchets typiques qu'elle renferme (une centaine de tranchets dans le gisement de Montaugland) (fig. 10). L'absence de toute poterie n'est nullement un argument « vieillissant », puisqu'il s'agit essentiellement d'un faciès industriel et non d'un faciès d'habitat. Les outils sont taillés sur place, dans des cuvettes de 80 cm de profondeur, ces cuvettes ayant permis la prospection des grès matière première (encore là, un trait artisanal typiquement campignien), immédiatement sous-jacents. Les déchets sont innombrables, les outils brisés très nombreux (le matériau en est cause). L'outillage intact ne représente parfois que 10 pour 100 de l'ensemble.

Ces artisans étaient en contact avec des « Tardenoisiens » à l'outillage microlithique de chasseurs. Peut-être Campigniens forestiers et Tardenoisiens chasseurs mêlèrent-ils leurs deux genres de vie, aux outillages opposés (et complémentaires), formant une symbiose humaine comme l'ethnographie nous en donne parfois l'exemple.

L'existence de ces Campigniens dans le domaine forestier a posé quelques problèmes. Sans doute faut-il rejeter l'hypothèse agricole, dans une région desheritée en ce domaine. Les Campigniens, remarquables techniciens du silex, s'installent dans le Bassin Parisien désert. Ils choisissent leurs sols (sols faciles, loess). Ils choisissent aussi leur matériau (stations-ateliers, fosses d'extraction meusiennes). De part et d'autre de la zone des sables stampiens, les gisements de silex, souvent d'excellente qualité, abondent : Aisne, Oise, gisements senoniens du sud de Nemours... S'ils se sont installés dans les forêts de Montmorency et de Fontainebleau, s'adaptant à une nouvelle matière

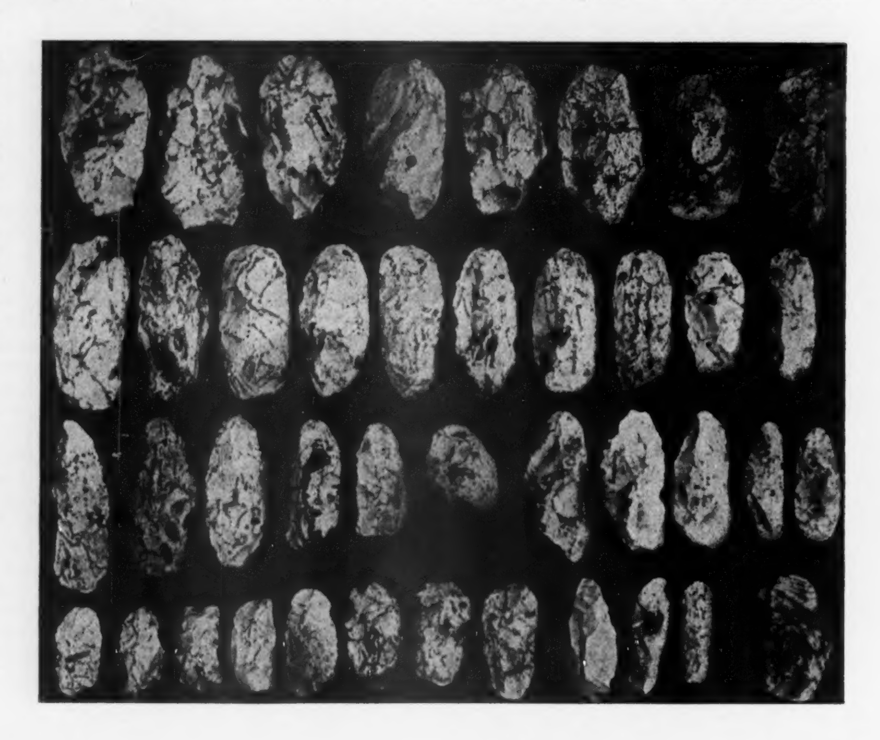


Fig. 9. — *Haches et hachettes du « faciès frontalier » de la Meuse.*
(*Collection et photo* C. Croix).

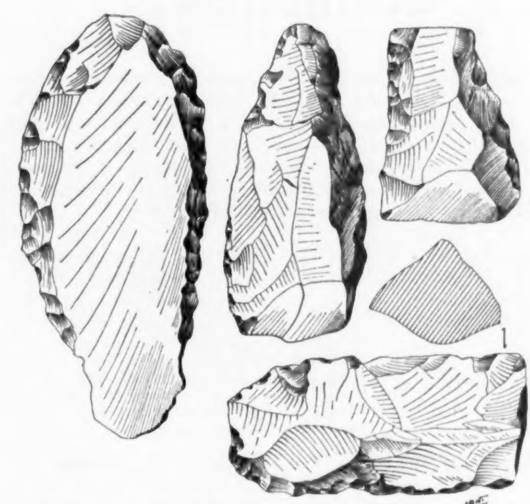


Fig. 10. — *Outillage en grès du « faciès forestier » ou montmorencien.*
Racloir, tranchets, hache. Demi-grandeur environ.
(*Collection* L.-R. Nougier).

première, ce qui n'était nullement un obstacle pour des techniciens de leur valeur, c'est pour exploiter la forêt. La technologie de leur outillage de grès en renforce la vraisemblance géographique. Des rapprochements avec un matériel semblable de l'Alaska suggèrent, pour nombre d'outils, de multiples usages de pelleterie, depuis la récolte des écorces à tanin jusqu'à la préparation définitive des peaux.

Les Montmorenciens, ou Campigniens forestiers, se présentent à nous comme des gens industrieux, pleinement adaptés à leur milieu forestier spécial, utilisant au maximum les ressources de la forêt (troncs et écorces, élevage et gibier), transformant ces ressources grâce aux matériaux locaux (grès), disposant désormais de produits transformés (bois et outils, peaux et viandes) et pouvant éventuellement échanger ces produits avec ceux des tribus agricoles du pourtour.

La forêt reste toujours un milieu conservateur, favorable aux anciens genres de vie. Les Tardenoisiens de Piscop l'ont montré. Les Campigniens forestiers le montreront plus tard encore. De leurs outils seront recueillis avec des matériels « néolithiques » et même dans le dolmen de Guiry, en Seine-et-Oise, à la charnière du troisième et du second millénaire.

Mais dans les plaines ouvertes, les manifestations des multiples activités campigniennes rurales et artisanales occupent la période climatique atlantique humide, en gros les cinquième et quatrième millénaires avant notre ère, la première moitié du troisième millénaire.

A ce moment important dans l'évolution de notre humanité occidentale, celle-ci est en possession d'activités multiples, de genres de vie nombreux, souvent complexes, annonciateurs des multi-dépendances modernes. L'homme prend une attitude nouvelle vis-à-vis de la nature. Il est devenu actif et divers, sensible à de nombreuses possibilités naturelles qui lui échappèrent jusqu'à ce moment. Il n'est plus le collecteur du plus ancien paléolithique. Il n'est plus l'exclusif chasseur-pêcheur du leptolithique. Il est encore tout cela, certes, mais il est aussi devenu paysan et éleveur, artisan et industrieux. Il est éminemment réceptif aux influences civilisatrices qui peuvent lui parvenir de toutes parts. Le milieu du troisième millénaire porte singulièrement en germe les préludes de la grande révolution néolithique, économique et démographique.

(*à suivre*).

Louis-René Nougier,
Maître de conférences à la Faculté des Lettres de Toulouse.

Progrès de l'exploitation pétrolière canadienne

La Nature (n° 3195) a déjà conté les rapides progrès de l'industrie pétrolière canadienne. La production d'huile brute est passée de 996 000 t en 1947 à 6 444 000 t en 1951, grâce surtout à la mise en exploitation des riches gisements de l'Alberta, qu'on venait de découvrir. Un pipe-line de 1 860 km a été construit d'Edmonton (Alberta) jusqu'au Lac Supérieur pour amener l'huile brute jusqu'à un port d'embarquement sur les Grands Lacs où des navires pétroliers la chargent et la transportent à la raffinerie de Sarnia.

Depuis, un nouveau pipe-line pour produits traités, long de 320 km, a été posé vers l'est, de Sarnia jusqu'à la région industrielle de Toronto et de Hamilton, à travers l'Ontario, et il est entré en service en octobre dernier.

Cette conduite concurrence et trouble le régime actuel de distribution des produits finis dans tout l'est du Canada où jusqu'ici on recevait des huiles d'importation, débarquées dans le port d'Halifax et conduites à Montréal par pipe-line ou apportées directement par cargo dans ce dernier port fluvial où se trouvent d'importantes raffineries. La répartition des produits finis se faisait ensuite jusqu'à la région des Grands Lacs par voie d'eau et par route. Son défaut était de nécessiter de très grands parcs de stockage pour assurer le ravitaillement pendant les cinq mois d'hiver, quand la glace bloque tous les transports fluviaux.

L'arrivée régulière des pétroles de l'Alberta à Sarnia et la distribution des produits finis jusqu'à Montréal a conduit un groupe de sociétés à réagir en construisant un autre pipe-line de 720 km pour transporter en sens inverse vers l'ouest, les produits finis des raffineries de Montréal jusqu'à la région industrielle de Toronto et Hamilton, avec embranchement vers Ottawa. La nouvelle conduite doit entrer prochainement en service. Elle est prévue pour un transport de 6 000 m³ par jour, pouvant être ensuite portée à 10 000 m³.

La même canalisation servira pour le transport de vingt produits différents : essence d'aviation, carburants d'auto, pétrole, huiles de diesels et de chauffage, naphtes, solvants, propane, etc.

Les pétroles de l'Alberta troublent également le marché pétrolier sur la côte du Pacifique. On avait hésité au début à construire un pipe-line à travers les Montagnes Rocheuses pour apporter l'huile brute aux raffineries de Vancouver. La décision a été prise depuis de relier Edmonton à Vancouver par une conduite de 1 100 km débitant par jour près de 20 000 m³ qui pourraient être portés ensuite à 32 000 m³. La raffinerie de Shellburn, dans l'île de Vancouver, s'agrandit pour traiter ce surplus de brut, qu'on compte recevoir dès la fin de 1953. D'autre part, une société californienne, menacée dans ses importations, vient de décider de construire une raffinerie et des dépôts d'huiles au nord de Seattle, sur la côte de l'État de Washington. Toute la côte orientale du Pacifique nord sera ainsi abondamment pourvue de combustibles liquides variés.

L'automatisme en France

La Société « Les Servomécanismes Électroniques » a présenté à la Foire de Paris des équipements électroniques pouvant s'appliquer, non seulement à des machines outils, mais à toutes les machines, utilisées par exemple dans la fabrication du papier, dans les câbleries, le caoutchouc et les plastiques, le travail du bois, les machines électriques, les bancs d'essais d'automobile et d'aviation, le matériel de levage, les produits chimiques, les textiles, le réglage thermique, etc. La gamme de fabrication des équipements à commande électronique s'étend à des appareils pouvant contrôler aussi bien une fraction de cheval que plusieurs centaines de chevaux.

Logarithmes à 23 décimales

La Smithsonian Institution vient de publier des tables qui permettent de calculer avec vingt-trois décimales les logarithmes de tous les nombres ayant vingt-trois chiffres significatifs [1]. C'est un volume in-8° épais de trois centimètres, de dimensions aussi modestes que les tables ordinaires à sept décimales. C'est qu'en réalité seuls 30 000 logarithmes sont inscrits. S'il avait fallu imprimer 10^{23} logarithmes il aurait fallu 33.10^{18} tomes de même dimension. Côte à côte sur un rayon de bibliothèque ces volumes s'allongeraient sur 10^{14} kilomètres, c'est-à-dire environ dix années-lumière. La consultation d'un pareil ouvrage serait à peine plus aisée que sa publication !

La méthode utilisée pour tourner cette difficulté est due à Hoüel; elle consiste ici à mettre tout nombre compris entre 1 et 10^{23} sous forme d'un produit de quatre facteurs dont tous sauf le premier ont une valeur très voisine de 1. Le nombre s'écrit alors :

$$N = XXXX \times 1{,}0^3XXXX \times 1{,}0^7XXXX \times 1{,}0^{11}XXXX \;\; XXXX \;\; XXXX.$$

Chaque X représente un chiffre arbitraire et les symboles O^3, O^7, O^{11} représentent respectivement trois, sept, onze zéros côte à côte. Le premier facteur est le nombre obtenu en isolant les quatre premiers chiffres de N. Le deuxième est ce qu'on obtient en isolant les huit premiers chiffres du quotient de N par le premier facteur. En divisant ce quotient par le deuxième facteur on obtient un nombre dont les onze premiers chiffres constituent le troisième facteur. Le troisième quotient effectué de la même manière constitue, avec tous ses chiffres cette fois, le quatrième et dernier facteur. En effet nous allons voir qu'il n'est pas nécessaire de poursuivre au delà cette mise en facteurs. Les tables comportent trois colonnes. La première donne les logarithmes de 1 à 10 000; la seconde ceux de $1{,}0^3 0001$ à $1{,}0^2 10\,000$; la troisième de $1{,}0^7 0001$ à $1{,}0^6 10\,000$. On peut ainsi lire directement les logarithmes des trois premiers facteurs. Il a été inutile d'ajouter d'autres tables car on sait que les logarithmes naturels (ou népériens) se développent en série au voisinage de 1 de la façon suivante :

$$\text{Log}\,(1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \ldots + (-1)^n \frac{x^n}{n} + \ldots$$

Pour les nombres inférieurs à $1{,}0^{10}1$, dont fait partie le quatrième facteur de N, ce dévelopement peut être limité au deuxième terme et ce dernier n'intervient au plus que pour corriger le vingt-troisième chiffre significatif :

$$\text{Log}\,(1 + x) \simeq x - \frac{x^2}{2}.$$

Cette correction se calcule aisément mentalement. Ainsi s'explique le choix de la vingt-troisième décimale par les auteurs des *Smithsonian logarithmic tables*. C'est la limite d'exactitude qu'on peut atteindre en n'utilisant que trois tables de 10 000 logarithmes chacune.

Illustrons ceci par un exemple. Proposons-nous de calculer le logarithme naturel de π :

$$\pi = 3,\ 14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 264\ \ldots$$

Les mises en facteurs successives sont :

$$\pi = 3,\ 141 \times 1{,}0^3 18\ 86830\ 91306\ 34780\ 72588$$
$$= 3,\ 141 \times 1{,}0^3 1886 \times 1{,}0^7 830\ 75638\ 28242\ 71930$$
$$= 3,\ 141 \times 1{,}0^3 1886 \times 1{,}0^7 8307 \times 1{,}0^{11} 5638\ 28195\ 88209$$
$$= 3141 \times 1{,}0^3 1886 \times 1{,}0^7 8307 \times 1{,}0^{11} 5638\ 28195\ 88209 \times 10^{-3}$$

1. *Smithsonian logarithmic tables*, par G. W. et R. M. Spenceley, E. R. Epperson. Smithsonian Institution, Washington, 1952, xiv-402 p., 16 × 24, relié.

Il est évident que de pareilles opérations liminaires exigent l'emploi d'une machine à calculer. Les logarithmes à vingt-trois décimales ne sauraient donc avoir les mêmes usages que les logarithmes ordinaires; ceux-ci, en effet, sont principalement utilisés pour éviter d'effectuer des divisions et des multiplications fastidieuses. Terminons le calcul en inscrivant et additionnant les logarithmes des facteurs de π :

Log 3 141	=	8, 05229 64995 38646 54598 997
Log $1{,}0^3 1886$	=	18 85822 17255 84856 087
Log $1{,}0^7 8307$	=	830 69996 54968 774
Log $1{,}0^{11} 5638$ ...	=	5638 28195 881
		8, 05248 51648 31537 22619 739
moins Log 10^3	=	6, 90775 52789 82137 05205 397
enfin, Log π	=	1, 14472 98858 49400 17414 342

Chacun des cinq logarithmes auxiliaires qui interviennent dans ce calcul comporte une erreur maximum de 0,5 sur la vingt-troisième décimale, par conséquent l'erreur maximum sur le résultat définitif n'excède pas 2,5 sur la vingt-troisième décimale. Une pareille précision est extraordinaire. Quatre décimales suffisent pour connaître π avec une précision suffisante pour les besoins pratiques. Avec seize décimales, on obtient à l'épaisseur d'un cheveu près la longueur d'une circonférence ayant pour rayon la distance de la Terre au Soleil. Pratiquement ces logarithmes ne servent qu'à des recherches de mathématiques pures, le calcul des fonctions elliptiques par exemple.

Dans l'exemple choisi on cherchait le logarithme naturel. Une seconde table permet aussi le calcul des logarithmes décimaux (ou vulgaires). Le seul changement concerne le logarithme du quatrième facteur. Il faut tenir compte de ce que le logarithme décimal est le produit du logarithme naturel par le logarithme décimal de **e** base des logarithmes naturels :

$$\log a = \log \mathbf{e}\ \text{Log}\ a$$

avec $\log \mathbf{e} = 0{,}43429\ 44819\ 03251\ 82765\ 113.$

L'usage des tables ordinaires a rendu familières les méthodes d'interpolation, si bien que la méthode des mises en facteurs peut paraître longue. C'est une question d'habitude. En réalité, les deux méthodes se valent en ce qui concerne le calcul direct des logarithmes, mais la méthode des mises en facteurs l'emporte nettement pour résoudre le problème inverse : trouver un nombre dont le logarithme est donné.

L. T.

Traversée complète de la Dent de Crolle

A l'occasion d'un stage de spéléologie qui se tenait en Chartreuse un groupe de huit spécialistes français a atteint un objectif poursuivi sans succès total par de nombreuses expéditions depuis 1935 : la traversée complète du réseau des eaux basses de la dent de Crolle. Entrés par le trou de Glaz, les spéléologues sortaient par la grotte du Guiers-Mort ayant mis trente heures à parcourir quatre kilomètres de galeries, puits, murs, bassins et siphons. Pour atteindre le cours souterrain de la rivière du Guiers-Mort, il leur fallut abattre au pic une masse importante de glaise, à mi-chemin de l'entrée et de la sortie.

L'ANALYSE CHROMATOGRAPHIQUE SUR PAPIER

Lorsque la chimie émergea de l'alchimie, à la fin du XVIIIe siècle, il n'existait guère d'autres méthodes d'analyses que les pesées sur la balance, avant et après précipitation ou volatilisation de certains composants. On découvrit ainsi les oxydations, les réductions, les neutralisations des acides et des bases.

Puis on imagina des méthodes plus rapides et plus sûres en opérant en solution avec des réactifs ou des indicateurs aux couleurs changeantes. Les mesures physiques se multiplièrent avec les progrès de l'optique : colorimétrie, photométrie, réfractométrie, polarimétrie, spectrométrie; elles devinrent assez fines et rapides pour aborder l'étude cinétique des réactions chimiques. L'œil fut suppléé et corrigé par les cellules photo-électriques qui permirent l'enregistrement continu. On leur doit en grande partie le développement de la chimie organique qui, en retour, prépara un choix de plus en plus vaste de réactifs sensibles et spécifiques pour toutes les recherches en milieux complexes.

Les progrès de l'électricité provoquèrent l'emploi du téléphone et du galvanomètre, de la conductométrie à la polarographie et, depuis peu, la chimie nucléaire offre en plus des isotopes marqués qu'on suit grâce au compteur de Geiger.

C'est ainsi que des techniques très diverses ont permis d'accumuler des données innombrables dont les théoriciens ont tiré peu à peu leurs conceptions actuelles de la matière et de l'énergie, tandis que les chimistes organiciens, puis les pharmaciens y ont trouvé les bases et les contrôles d'industries nouvelles de toutes sortes.

En un siècle et demi, la face du monde en a été transformée, et les biologistes, les médecins pénètrent eux aussi dans ce domaine où ils espèrent saisir les secrets de la vie et de la santé.

Parmi tous les phénomènes mensurables, il en est de tentants par leur simplicité, tout au moins apparente. Telle est la séparation des composants d'une solution par filtration ou par ascension capillaire, qui met en œuvre un ensemble complexe d'actions de surface, mécaniques, physiques, chimiques. Il y a fort longtemps qu'on sait éclaircir des milieux troubles par passage à travers une colonne de sable, de chaux ou de charbon de bois, ou encore à travers des papiers poreux.

Le collage des vins par le blanc d'œuf est une vieille pratique vinicole et la flottation des minerais est devenue une pratique industrielle (1). Mais ce sont là procédés de séparation de particules en suspension et non de substances dissoutes. On a donné le nom de chromatographie à un procédé de séparation et de reconnaissance de substances dissoutes et on en distingue deux genres : celle sur colonne de matière poreuse et celle sur papier.

Dès 1897, Day purifiait des pétroles bruts en les faisant passer à travers une colonne de chaux en poudre. En 1906, Mikhaïl Tswett, véritable précurseur, sépara diverses variétés de chlorophylle en faisant passer sur une colonne de carbonate de chaux pulvérisé un extrait de feuilles vertes dans l'éther de pétrole. En 1931, Kuhn, Winterstein et E. Lederer séparèrent de même divers caroténoïdes et autres pigments végétaux. Depuis, la chromatographie sur colonne a pris un énorme développement dont *La Nature* a déjà rendu compte (2).

La chromatographie sur papier a des titres encore plus anciens. Il suffit de verser une goutte de liquide coloré au centre d'un disque de papier filtre pour voir ce qui se produit : la goutte mouille le papier et disparaît rapidement; la tache s'étale en un cercle qui grandit; il est bordé par une zone extérieure incolore d'eau pure; le ou les colorants se rassemblent en anneaux concentriques, d'autant plus éloignés du centre que le papier les a moins fixés. On peut aussi tremper l'extrémité d'une languette de papier filtre dans la solution et assister à l'ascension du liquide dans le papier. Dès 1850, Rynge sépara des matières colorantes dissoutes par ascension dans un papier buvard ou une mèche de coton et envisagea aussi l'emploi de blocs de bois. En 1861, Schönbein développa cette technique qu'il dénomma analyse capillaire et dont un de ses disciples, Goppelsrœder, écrivit en 1901 le premier traité. Elle s'est singulièrement développée, surtout depuis la dernière guerre, quand on l'a appliquée à l'analyse des terres rares et des produits de fission des piles radioactives, tandis que les biochimistes y découvraient une méthode de choix pour la séparation des acides aminés, des peptides, des sucres et de nombreux autres composés des êtres vivants.

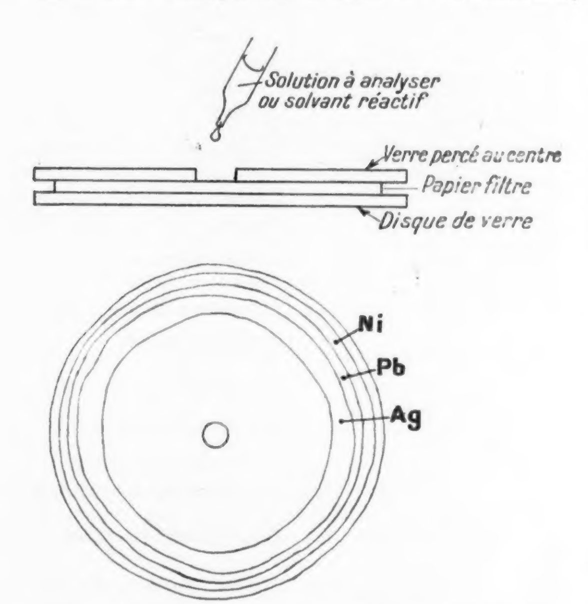


Fig. 1. — *Chromatographie rapide sur disque de papier-filtre.*
En haut, le dispositif. En bas, une séparation de cations en trois anneaux colorés concentriques : argent vermillon ; plomb jaunâtre ; nickel bleu-violet. Au centre, la trace peu distincte de la goutte de solution à analyser et des gouttes de réactifs déposées successivement.

* * *

L'analyse chromatographique sur papier a donné lieu à un nombre croissant de travaux depuis que Consden, Gordon et Martin, en 1943, ont fixé la technique en s'inspirant de celle qui avait si bien réussi en 1941 aux titulaires du Prix Nobel de Chimie 1952, MM. Martin et Synge, pour la séparation sur colonne des acides aminés dans des hydrolysats de laine.

1. La flottation des minerais, *La Nature*, n° 3202, février 1952, p. 48.
2. La chromatographie, *La Nature*, n° 3162, octobre 1948, p. 292.

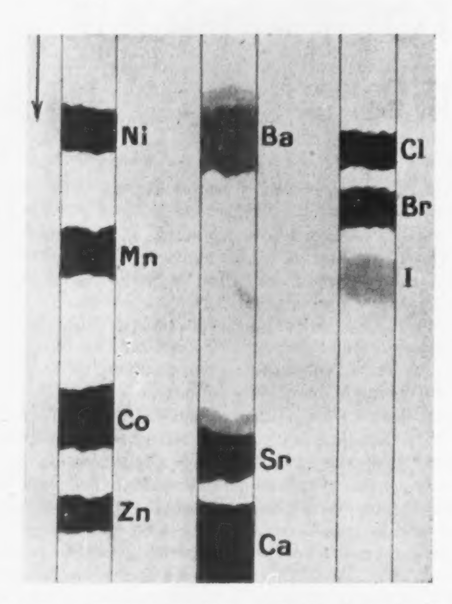


Fig. 2. — *Chromatographies sur bandes de papier-filtre.*
La goutte de solution est déposée à quelques centimètres du bord inférieur. La séparation se fait par ascension capillaire de solvants appropriés, suivie de pulvérisation de réactifs colorants. — A gauche, révélation de la présence de nickel (tache bleue), de manganèse (tache brune), de cobalt (brun orangé) et de zinc (pourpre). — A droite, séparation du chlore, du brome et de l'iode et détection en ultra-violet. — Au centre, séparation du baryum, du strontium et du calcium par la pyridine en présence de sulfocyanure de potassium (d'après Burstall, Davies, Linstead et Wells, *Journal of the Chemical Society*, 1950).

Cette technique consiste à déposer sur une bande de papier filtre une goutte du liquide dont on veut séparer certains composants, puis à plonger le bord de cette feuille de papier dans un liquide ou un mélange approprié dénommé solvant qui grimpe dans la feuille par capillarité, mouille la tache qu'on avait formée, la dépasse et entraîne les divers composants à des vitesses et des distances inégales. Quand le solvant approche du bord opposé ou l'atteint, on retire la feuille, on la sèche et l'on observe un *chromatogramme* visible directement s'il est coloré, ou qu'on révèle par pulvérisation d'un réactif colorable approprié; c'est ce qu'on appelle le développement. Le rapport R*f* entre la distance de la tache à la goutte en expérience et la distance atteinte par le solvant pur permet de caractériser chaque corps entraîné dans une tache.

Le procédé est d'une spécificité extraordinaire. Il permet la séparation de multiples acides aminés, de nombreux sucres et même, dans certains cas, d'isomères différant seulement par la position cis- ou trans- de leurs chaînes. On ne connaît pas actuellement d'autre technique aussi rapide et aussi fine d'analyse qualitative, surtout pour les composés organiques complexes, et l'on peut même pratiquer des dosages quantitatifs sur les taches découpées dans le chromatogramme.

La théorie de ces phénomènes est encore imparfaite et il semble qu'on mette en œuvre des actions complexes et variées : capillarité, adsorption sur la cellulose du papier, partage entre des phases liquides polaires (eau, méthanol, éther) et non polaires (benzène, pétrole, etc.).

La pratique nécessite de strictes conditions pour que les phénomènes soient reproductibles. Dans beaucoup de cas, il est encore nécessaire de procéder simultanément à une comparaison avec des corps purs exactement connus, sans trop se fier aux constantes de R*f* qu'on trouve dans des tables.

Le papier filtre qu'on emploie a une très grande importance. Il le faut de cellulose pure, sans sels, ni ions, ni pentosanes, ni graisses, parfaitement sec et de structure homogène pour qu'il s'imbibe très régulièrement. Le papier fait en continu à la machine à cylindres est souvent plus mouillable dans le sens de la traction où les fibres ont été orientées et l'on préfère le papier fait à la cuve, mouillable également en tous sens. On en fait maintenant pour la chromatographie, de diverses épaisseurs et qualités, sans cendres, lavés à l'acide, plus ou moins absorbants et conservant la même perméabilité après séchage. Bien entendu, ces papiers doivent être de composition et de qualité constantes et manipulés avec précautions, sans être tachés ni imprégnés de sueur ou d'impuretés.

On a préparé des papiers chargés d'alumine ou de silice pour obtenir certains effets spéciaux de la chromatographie sur colonne. On en a imprégnés de latex vulcanisé déposé en bandes parallèles pour augmenter certaines séparations. On en a également imbibés de phosphates pour les rendre conducteurs afin de les soumettre à l'électrophorèse qui parfait certaines migrations de substances.

Les liquides dont on se sert doivent être purs. On choisit dans chaque cas ceux qui séparent au mieux les taches sans traînées excessives. Leur *p*H a une grande importance ainsi que leur constante diélectrique qui charge électriquement la cellulose. Avec ceux qui sont volatils, il faut opérer en vase clos, dans une atmosphère saturée de vapeur dont la concentration doit rester constante. La température est donc réglée avec précision et tout l'outillage mis au thermostat est choisi en matériaux inattaquables.

Le plus souvent, on traite simultanément une série de gouttes déposées en ligne près d'un des bords d'une feuille de papier. On peut ainsi faire des comparaisons, au besoin avec une goutte témoin contenant un seul corps dissous, ou encore suivre les stades successifs d'une réaction.

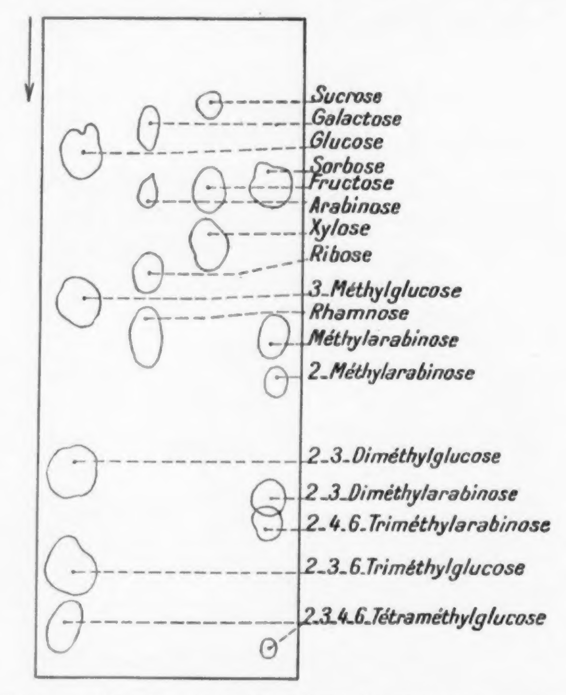


Fig. 3. — *Séparations de quatre mélanges de sucres sur une même feuille de papier-filtre* (d'après Hough et Jones, *Journal of the Chemical Society*, 1950).

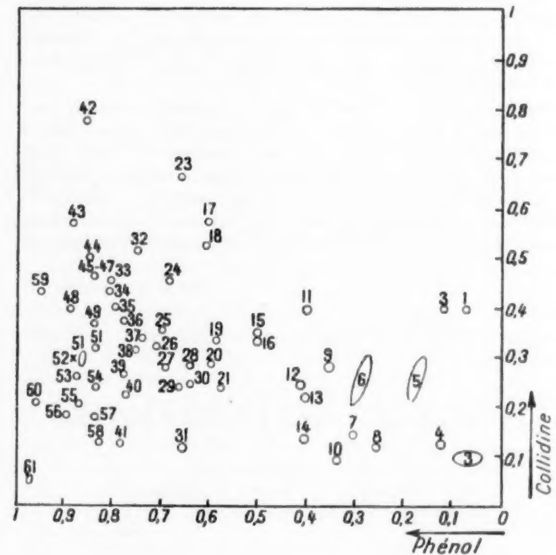


Fig. 4. — *Carte des taches de divers acides aminés après chromatographie à deux dimensions au moyen d'eau saturée de phénol, puis de collidine et coloration différentielle par la ninhydrine* (d'après Dent, *Biochemical Journal*, 1948).

1. acide cystéique	bleu
2. phosphosérine	pourpre
3. acide homocystéique	bleu
4. glutathion	pourpre
5. acide aspartique	bleu-pourpre
6. acide glutamique	pourpre
7. cystathionine	pourpre
8. tanthionine	pourpre
9. sérine	pourpre
10. éthanolamine phosphorique	pourpre
11. taurine	pourpre
12. glycine	rouge-pourpre
13. asparagine	orange-brun
14. acide	pourpre
15. allothréonine	pourpre
16. thréonine	pourpre
17. diiodothyrosine	vert-pourpre terne
18. tyrosine	verdâtre pourpre
19. tétraméthylcystine	pourpre
20. α-alanine	pourpre
21. glutamine	pourpre
22. inconnu	rouge-pourpre
23. monoiodotyrosine	verdâtre pourpre terne
24. glucosamine	pourpre
25. méthionine-sulfone	pourpre
26. acide α-amino-butyrique	pourpre
27. histidine	verdâtre pourpre terne
28. hydroxyproline	brun-jaune
29. β-alanine	bleuâtre pourpre
30. citrulline	rouge-pourpre
31. hydroxylysine	pourpre terne
32. tryptophane	pourpre
33. acide α-amino-phénylacétique	pourpre
34. méthionine	pourpre
35. norvaline	pourpre
36. valine	pourpre
37. acide α-amino isobutyrique	pourpre
38. acide α-amino isobutyrique	pourpre
39. acide méthionine sulfoxyde β-amino iso-butyrique	pourpre
40. acide γ-amino-butyrique	pourpre
41. ornithine	pourpre
42. thyroxine	brun-vert
43. acide α-amino-octanoïque	pourpre
44. phénylalanine	vert-pourpre
45. leucine	pourpre
46. isoleucine	pourpre
47. norleucine	pourpre
48. éthanolamine	pourpre
49. acide α-méthyl α-amino-butyrique	pourpre
50. inconnu	pourpre
51-53. méthylhistidine	vert
52. proline	jaune
54. carnosine	brun-jaune
55. acide amino hexanoïque	pourpre
56. arginine	pourpre
57. acide *d*-amino pentanoïque	pourpre
58. lysine	pourpre terne
59. histamine	vert-pourpre terne
60. inconnu	pourpre
61. « peptide de néphrose »	pourpre

En 1943, Liesegang a proposé l'analyse capillaire croisée ou chromatographie à deux dimensions. Le papier est mouillé par un premier solvant; on le sèche après que son imbibition a provoqué une première séparation; on le mouille ensuite sur un autre bord par un solvant différent de façon à entraîner les taches dans une direction perpendiculaire, ce qui cause une nouvelle séparation.

Les taches dues à la concentration des substances dissoutes en divers points sont reconnaissables quand elles sont colorées. D'autres invisibles à l'œil peuvent apparaître en lumières monochromatiques ou par fluorescence ultra-violette. On dispose aussi d'un certain nombre de réactifs qui les teintent électivement de couleurs caractéristiques. On applique ces réactifs par pulvérisation, ou immersion, ou sublimation. Dans certains cas, on découpe les parties du papier tachées et on solubilise la substance en cause pour la soumettre à des essais ou des dosages physiques, chimiques, biologiques. Enfin, depuis peu, des isotopes radioactifs introduits dans le liquide en examen peuvent être recherchés par chromatographie dans les produits tractionnés où ils se sont sélectivement fixés, qu'on les détecte par radio-autographie ou au compteur de Geiger. L'iode, le carbone, le soufre, le cuivre ont déjà servi.

*
* *

Il est trop tôt pour faire le bilan d'une technique répandue depuis moins de dix ans. Chaque jour paraissent des publications faisant connaître de nouveaux résultats ou indiquant des variantes d'appareils ou de réactifs. Ce qu'on peut dire, c'est qu'elle connaît une vogue croissante et qu'elle a permis de résoudre quantité de problèmes qu'on ne savait autrement aborder. Nous ne ferons qu'en signaler quelques-uns.

En chimie minérale, où pourtant les moyens d'analyse manquent le moins, la chromatographie sur papier permet actuellement d'isoler et de reconnaître 24 cations et 15 anions au moyen de quelques solvants additionnés ou non de réactifs colorants. L'opération est si rapide qu'elle peut être mise en concurrence avec les autres méthodes d'analyse qualitative. Elle est très sensible puisqu'on détecte souvent le millionième de gramme. Elle peut être suivie d'une analyse quantitative de la tache découpée. Elle permet de séparer les cations de plusieurs groupes très difficiles à isoler, tels ceux des métaux alcalins, des alliages ferreux, des terres rares, ou encore les anions des halogènes. Elle est maintenant d'usage courant en métallurgie. M. Lederer qui a beaucoup contribué à choisir les solvants et fixer les techniques a abordé récemment l'étude des coefficients de partage en fonction de la structure des ions.

La chromatographie a trouvé bien plus d'applications en chimie organique et elle y a pris la première place parmi les méthodes d'analyse. Il n'est guère de groupes où l'on ne l'ait essayée et elle a permis certaines séparations qu'aucun autre moyen n'avait encore réalisé. Ses triomphes les plus retentissants ont été dans le domaine des protéines, des acides aminés et des peptides qu'elle sépare aisément, rapidement, révélant même nombre de composés intermédiaires restés inaperçus jusqu'ici. C'est aussi la série des sucres, de leurs voisins

les gommes et les mucilages, de leurs hydrolysats et de leurs esters phosphoriques, si nombreux, si complexes, qu'on se perd à suivre leurs synthèses et leurs destructions.

Toute la chimie biologique s'en trouve transformée, depuis les notions théoriques des botanistes, des zoologistes, des histologistes sur la constitution chimique des divers êtres vivants et celles des physiologistes sur leurs métabolismes, jusqu'aux conceptions médicales des toxiques, des tumeurs, des vitamines et des hormones, des microbes et des antibiotiques. Les industries de fermentation telles que la boulangerie, la brasserie, la vinerie, celles des textiles, des papiers, des cuirs, des bois, celles des matières colorantes et celles des produits pharmaceutiques font toutes appel maintenant à l'analyse chromatographique pour séparer les matières complexes qu'elles utilisent ou qu'elles préparent, pour comprendre les réactions qu'elles provoquent ou plus modestement pour contrôler leurs fabrications.

Il est impossible d'entrer ici dans les détails, d'aborder tant de chapitres à peine ouverts. Pour le moment, les techniques commencent à être fixées; quelques résultats ont été sensationnels. Il faut maintenant suivre l'épanouissement complet de la méthode pour la placer à côté de nos autres moyens de connaissance chimique, en tirer des synthèses et la faire finalement pénétrer dans les travaux pratiques et l'enseignement.

André Breton.

Projet d'irrigations en Australie

Dans son discours à la British Association, que *La Nature* a déjà signalé, Sir William Slater, secrétaire du Conseil des recherches agricoles, a annoncé un projet de travaux gigantesques que le gouvernement australien envisage de réaliser pour livrer à la culture les terres du sud qui manquent d'eau et ne sont actuellement qu'une brousse où pacagent des troupeaux de moutons.

L'Australie est un continent massif, dont le relief n'est marqué que par une chaîne de montagnes proche des côtes est et sud-est. Les vents de mer provoquent des pluies abondantes sur les versants maritimes de ces monts, si bien que les étroites plaines qui en descendent sont abondamment irriguées. C'est d'ailleurs dans cette région que se trouve rassemblée la plus grande partie de la population. Sur l'autre versant, les pluies diminuent beaucoup et n'alimentent qu'une série de cours d'eau qui se rassemblent dans le fleuve Murray aboutissant sur la côte sud à Adélaïde. Plus au centre, les pluies deviennent rares, les rivières tarissent en saison sèche et ne se déversent dans des lacs et des marécages qu'à la saison humide, entretenant une brousse pauvre. Plus à l'ouest encore et au nord, il ne pleut plus du tout et la terre est un désert. L'Australie, trop peu peuplée, ne peut se développer qu'en ayant une plus grande surface cultivable. Les sols des vallées tout au moins sont alluviaux ; beaucoup sont de bonne terre brune et il ne leur manque que de l'eau pour devenir fertiles.

Le bassin du Murray et de ses affluents, notamment du plus long qui est le Murrumbidgee, reçoit 50 cm d'eau par an sur les hauteurs et 25 seulement en plaine. On a en ces dernières années élevé des barrages, construit des réservoirs, tracé des réseaux d'irrigation qui ont permis de mettre en culture plus de 400 000 ha. Une nouvelle tranche de travaux doit doubler cette surface. En se basant sur les récoltes des terres de l'état de Victoria déjà irriguées, on prévoit un surplus de production annuelle de l'ordre de 15 000 000 de livres sterling. Mais on ne pourrait étendre ces travaux, toute l'eau disponible étant maintenant employée.

C'est alors qu'est né un nouveau projet. Le Murray et le Murrumbidgee prennent leur source dans la région la plus haute, les Snowy Mountains, qui dépassent 2 000 m ; sur l'autre versant la Snowy River coule vers la mer à travers une région suffisamment humide. L'idée est venue d'isoler la haute vallée de la Snowy River vers 1 800 m d'altitude, de constituer ainsi un bassin de ruissellement qui recevrait 2,50 m de pluie par an ; de rassembler cette eau sur une surface de 12 000 ha et de la conduire sur l'autre versant plus aride. Pour cela, on percerait à travers la crête un tunnel de plus de 24 km de long et de 84 m² de section qui aboutirait à la région des sources du Murrumbidgee et trois autres tunnels successifs de 13 km de long et 65 m² de section, puis 15 km sur 107 m², et 7 km sur 140 m², conduisant au Murray. Si l'on songe que le plus long tunnel du monde, le Simplon, n'atteint pas 20 km, on imagine la grandeur des travaux projetés. Bien entendu, d'autres tunnels plus petits amèneront aux deux grands bassins les appoints d'autres cuvettes de montagnes voisines ; on prévoit 7 grands barrages pouvant fournir 2 500 000 kW et on estime que la production agricole ainsi permise atteindrait vingt millions de livres par an.

C'est un travail de géants, mais qui n'a rien d'impossible techniquement. L'Australie y gagnera une nouvelle emprise sur la brousse, de nouveaux champs, de nouveaux vivres et plus d'habitants.

HORLOGE ÉLECTRONIQUE

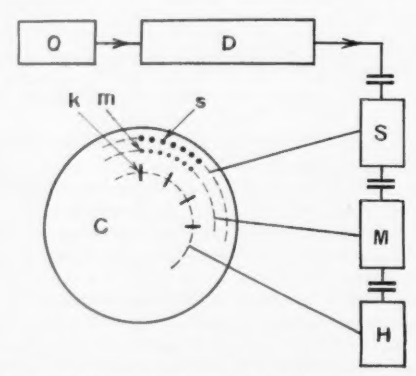


Fig. 1. — Schéma de principe de l'horloge électronique.

O, oscillateur à quartz ; D, chaîne de démultiplication (100 000 Hz à 1 Hz) ; S, M, H, dispositifs de comptage des secondes, des minutes et des heures ; C, cadran ; *s*, *m*, *h*, lampes à néon marquant secondes, minutes et heures.

Dans le *Journal Suisse d'Horlogerie et de Bijouterie* de septembre-octobre 1952, L. Defossez a donné quelques indications sur une horloge électronique, sans pièces mobiles ni contacts électriques, réalisée par Patek, Philippe à Genève.

L'organe vibrant régulateur de cette horloge est un cristal de quartz dont la fréquence de 100 000 Hz est réduite à 1 Hz, à l'aide de circuits oscillants. Les impulsions électriques produites à la cadence d'une par seconde sont reprises par un ensemble de circuits électroniques qui permettent de marquer les secondes, puis de les totaliser, de façon à indiquer les minutes et les heures. Les aiguilles des secondes, des minutes et des heures des horloges habituelles sont remplacées par des lampes à néon dont l'allumage est commandé par les circuits électroniques correspondants ; ces lampes pourraient, du reste, être remplacées par des chiffres lumineux.

Cette horloge, qui peut aussi être utilisée comme chronographe et ne remplit dans ce cas que le rôle de totalisateur en indiquant le nombre d'impulsions données entre deux événements, est d'une construction assez compliquée que l'on espère toutefois simplifier. Des modifications au cadran permettraient, d'autre part, d'enregistrer des intervalles de temps du centième de seconde ; on pourrait également enregistrer le millième de seconde en utilisant une fréquence de 1 000 Hz.

Les deux perfectionnements importants de cette nouvelle réalisation horlogère sont la suppression de tout mouvement matériel (roues dentées, ressorts, spiral, aiguilles, etc.) et celle de tout contact électrique. La précision de cette horloge est celle de l'oscillateur à quartz et son inertie est pratiquement nulle ; la fréquence de l'oscillateur est toutefois fonction, comme dans les horloges à quartz, de la température et du temps (vieillissement). Les seuls organes qui, par leur usure, peuvent entraver le fonctionnement sont les lampes, les tubes triodes, les batteries et les condensateurs.

H. M.

L'INSTINCT

et les formes innées des conduites animales

Au regard de l'observateur objectif, le comportement animal offre une prodigieuse *diversité*, de même qu'une évidente *complexité*. Il est donc *a priori* étonnant que jusqu'à une époque très récente on ait cru pouvoir ramener toute l'activité animale à une « faculté » simple et une, l'*instinct*, qui s'opposerait aux « facultés » humaines, spécifiquement intellectuelles. Sans repousser totalement l'usage du terme instinct, la psychologie animale moderne s'efforce d'expliquer et d'analyser les conduites qualifiées traditionnellement d' « instinctives », au lieu de considérer qu'elles ont une signification suffisante en elles-mêmes. Pour cela — et nonobstant la pluralité des écoles — elle s'appuie sur une notion claire du *comportement*, défini comme l'ensemble des réponses de l'organisme total placé dans une situation déterminée, sur une distinction précise des structures *innées* et des formes *acquises* de l'activité : ainsi peut-elle donner à l'idée d' « instinct » un contenu scientifique, tout en avant la faculté d'en déterminer les limites exactes.

Complexité et diversité des conduites animales. — On a ordinairement trop tendance à considérer que le monde animal est *un* et que les diverses activités animales sont du même ordre : l'abeille qui butine, le renard qui chasse, l'escargot qui sort de son trou une fois la pluie tombée sont au même titre des « animaux », des « bêtes », donc des êtres vraiment analogues. Une simple réflexion sur l'étendue multiple de la hiérarchie animale devrait déjà nous mettre en garde : chaque espèce animale présente une organisation anatomique et physiologique différente, solidaire d'un système d'activités souvent sans commune mesure. L'importance croissante des centres nerveux, l'affinement des récepteurs sensoriels, s'accompagnent, lorsqu'on va depuis le bas jusqu'en haut de la hiérarchie, de modes de comportement toujours plus complexes et mieux intégrés. Ajoutons que le milieu même auquel l'organisme est adapté apporte sa composante, et il est superflu de montrer la puissance de diversification suscitée par le milieu aquatique ou aérien. Il est clair que chaque espèce animale doit être étudiée en elle-même et qu'elle présente ses problèmes spécifiques. Mais cette diversité et cette complexité existent également au niveau de l'individu. Voici un rat, un rat blanc de laboratoire. Que de types d'activité nous pouvons analyser ! Activité motrice, nutritive, sexuelle ; actions automatiques, apprises, voire « réfléchies »; conduites émotives... Toutes sont étroitement combinées. Le simple fait de quérir de la nourriture révèle à la fois des besoins, l'art de tourner des difficultés, l'expérience acquise, sans compter les réflexes nutritifs, pour peu que l'on veuille analyser avec soin cette quête.

Instinct et intelligence. — Les théories « classiques » de l'instinct ont donc un premier défaut : celui d'être à l'excès simplificatrices. Elles le sont en un double sens.

Tout d'abord, elles tendent à ramener l'activité animale à une seule constante, par où elle s'opposerait à l'activité humaine. L'instinct est conçu comme une faculté mystérieuse, une puissance d'action qui a le privilège de diriger pour le mieux l'animal dans tous ses actes. Au contraire, l'intelligence ou raison est le propre de l'homme, seul être capable de réfléchir et de penser. On trouve ce point de vue chez Cuvier, Flourens, Darwin, mais nulle part il n'est exprimé plus nettement que chez le bon J. H. Fabre que suit le philosophe Bergson. On sait comment, décrivant la manœuvre des Hyménoptères prédateurs, Fabre bâtit un ingénieux roman, affirmant que le Sphex a une prescience étonnante de la structure anatomique de ses proies, et partant que « l'instinct sait tout dans les voies invariables qui lui sont tracées, ignore tout en dehors de ces voies ... ». Pour Bergson, l'animal a la science innée de l'usage d' « instruments organisés », l'homme est obligé d'inventer des outils et chez lui l'intelligence tient lieu d'instinct. Or il est faux que tout soit inné chez l'animal, que tout soit intelligent chez l'homme, et il est faux que l'on trouve chez les animaux des types de comportement divinatoire analogues à ceux complaisamment décrits par Fabre.

En effet, autre façon de simplifier les problèmes, expliquant tout le comportement animal par l'instinct, les théories classiques ont tendance à considérer uniquement un petit nombre de conduites très particulières et peu claires en elles-mêmes (construction de nids chez les oiseaux, de toiles chez les araignées, manœuvres diverses chez les insectes) et à les caractériser d'une manière immédiatement conforme à leurs idées préconçues. L'instinct sera donc défini comme une activité : 1° aveugle, automatique; 2° innée et héréditaire; 3° comportant un enchaînement d'actes invariables; 4° immédiatement parfaite; 5° spécialisée et spécifique. Or, les zoopsychologues, qu'il s'agisse de mécanistes comme Rabaud, de finalistes comme Tolman, voire d'objectivistes comme Tinbergen, refusent une définition aussi étroite; et l'on dénonce au contraire les imperfections et les erreurs de l'instinct, l'importance de l'apprentissage, les variabilités dans les conduites complexes, etc. Le problème est précisément, lorsqu'on est en présence de cycles typiques d'actes « instinctifs » du genre des migrations, ou des constructions de nids qui ont toujours été objet de curiosité, de déterminer en quoi ils sont innés, quelle est la part de l'acquis, quels sont les facteurs déterminants... Faire intervenir une faculté mystérieuse, unique qui susciterait un mécanisme parfait apparaît alors comme un renoncement à toute explication.

Organisme, situation et conduite. — Or, si l'on veut analyser scientifiquement *les* comportements *des* animaux et en particulier déterminer la place de l'inné dans ces comportements, il est nécessaire de préciser ce qu'est un « comportement ». Tout animal est d'abord un *organisme*, ayant une structure anatomique particulière, et qui tend à fonctionner d'une certaine manière. Ce fonctionnement se présente comme la mise en œuvre d'une énergie, chimique, métabolique, physiologique, destinée à préserver la vie, c'est-à-dire un certain état d'équilibre. D'un point de vue purement biologique l'organisme est nanti de mécanismes pour préserver cet équilibre (principe de l'*homeostasis* de Cannon). Il est possible de généraliser ce principe et de considérer que l'activité animale consiste en une *mobilisation d'énergie* qui commence lorsqu'un état d'équilibre est détruit et continue jusqu'à ce qu'il soit restauré. Tout comportement consiste en un ensemble de réponses à une situation qui compromet ou modifie l'équilibre de l'organisme, comme le réflexe de grattage chez le chien destiné à supprimer une irritation de la peau, la recherche de la nourriture lors des tensions stomacales de la faim.

L'organisme a donc une fonction d'intégration, en présence des diverses situations possibles, l'état interne de l'organisation étant un aspect de la situation. Analyser une activité consiste dans ces conditions :

1° à connaître : les stimuli extérieurs qui sont *perçus* par l'animal; les stimuli intérieurs, d'ordre physiologiques, *présents* à un moment donné;

2° et à relier ces stimuli, dont l'ensemble représente la « situation », aux types d'actes qu'effectue l'organisme pour « intégrer ».

Toutes les variétés possibles de comportement dépendent par conséquent de la nature de l'organisme, des variations de la situation externe et interne, et des capacités de l'animal à utiliser, ou non, l'expérience acquise pour réaliser une meilleure intégration, un meilleur ajustement. Aussi bien la psychologie scientifique se définit-elle comme la science de la « conduite », médiation entre l'individu et le milieu, et ensemble des opérations par lesquelles l'organisme en situation tend à réaliser ses possibilités et à réduire les tensions qui pourraient compromettre son intégrité.

Structures innées et structures acquises. — Dans ces conditions, l'instinct correspondrait à la part de l'inné dans la conduite, chez l'homme aussi bien que chez l'animal, et *toute la question est de savoir s'il y a des structures de conduite purement innées*, s'il se trouve des cas où l'organisme intègre à la fois ses besoins et les exigences de la situation extérieure sans recourir à l'expérience acquise. On a, il fut un temps, beaucoup étudié les animaux traqués : le loup, si difficile à prendre au piège; le renard qui malgré son intelligence offre peu de défense et cherche à revenir au terrier; le sanglier qui sait choisir lorsque les forces lui manquent le terrain favorable où les chiens ne pourront le tourner et devront l'aborder de front; le cerf qui, chassé, longe les routes, revient sur ses voies et avant de repartir quitte sa piste en effectuant par côté plusieurs sauts consécutifs; le lièvre, dont la fuite est aussi un monde de stratégie subtile et comme raisonnée. Les récits des chasseurs semblent bien indiquer que l'expérience acquise s'ajoute aux voies de réactions innées pour susciter des conduites de ce genre. Mais l'observation naturelle est impuissante à déceler exactement le rôle de l'apprentissage. C'est pourquoi il est nécessaire de revenir au laboratoire et d'opérer sur des cas simples. Prenons alors un comportement apparemment purement inné, le picorage chez le poussin qui sort de l'œuf (recherches de Shepard, Bird, etc.) : des expériences précises, portant sur des groupes de poussins soumis à des situations différentielles, ont montré que des réflexes innés, présents dès la naissance, permettent à l'animal de saisir les premiers grains qui lui sont présentés, mais il est maladroit et d'ailleurs la maturation organique n'est pas suffisante : seul l'*exercice* permet la perfection complète et la précision des réactions. Loin d'être « immédiatement parfait », le picorage est donc une conduite partiellement acquise. Reste qu'il s'agit là d'une conduite très particulière : à la fois complexe, à l'égard des réponses données par des organismes plus inférieurs, et simple à l'égard des « flux de comportement » plus typiques auxquels nous faisions allusion tout à l'heure. Prenons donc quelques cas précis de comportements qualifiés d'instinctifs dans l'échelle animale, et tentons d'en déterminer la structure.

Les réponses réflexes. — Nous serons brefs sur les *réflexes*, réactions élémentaires d'un *organe déterminé*, le corps lui-même demeurant sur place. En stimulant les cellules qui constituent la bouche d'une éponge, celle-ci s'ouvre; en stimulant un tentacule de méduse, celui-ci se rétracte; arrachons une des épines de l'oursin, celles qui l'environnent se portent vers le point meurtri; lorsque le bord du manteau d'une huître ouverte est touché, le pied se contracte promptement et les valves se referment. On connaît le cas classique de la grenouille qui retire sa patte lorsqu'on la pince, et nous avons rappelé, pour illustrer le fonctionnement « homéostatique » de l'organisme, le réflexe de grattage chez le chien; le comportement humain lui-même présente des réponses réflexes (fermeture des paupières à l'approche d'un objet de l'œil, sécrétion de salive au contact de la nourriture avec la muqueuse buccale).

Les réponses réflexes sont décrites généralement comme protectives, simples, pouvant être obtenues à plusieurs reprises, fatales. Encore que cette description soit quelque peu sommaire, il est hors de doute qu'on se trouve en présence de réponses prédéterminées, innées; mais le simple fait qu'elles prennent une part toujours moindre dans l'allure générale du comportement au fur et à mesure que l'on monte dans l'échelle animale (pas plus que le comportement de l'homme, celui du chimpanzé et des mammifères supérieurs ne se réduit à un ensemble de réflexes innés) suffit à donner une juste place à ce type de réponses, qui, étroitement liées à la structure de l'organisme, sont plus des éléments de conduite que des conduites proprement dites.

Les réponses d'orientation (tropismes). — On a fait grand cas, depuis Loeb (1918), des *tropismes*, réactions globales de certains organismes en présence de certains stimuli, ayant pour effet d'orienter et de diriger l'animal vers le stimulus (taxies) ou bien de l'en éloigner (pathies). Tour à tour le phototropisme, le géotropisme, le thermotropisme, l'hydrotropisme, les chimiotropismes, ont été étudiés (voir Viaud, *Les tropismes*, collection *Que sais-je?*). Qui n'a observé des Insectes se dirigeant vers la lumière, d'une façon automatique, fatale ? Loeb attribuait les phénomènes de ce genre (limace qui se meut vers le haut d'une surface inclinée, certaines mouches attirées par la viande, etc.) à des mouvements forcés d'ordre mécanique et innés. Or, la vérité est plus complexe : les travaux de Jennings et de Mast d'abord, ensuite de Kuhn, de Rabaud, de Tinbergen ont montré que les réponses tropiques étaient plastiques et variables, susceptibles d'interactions et de renversement, dépendantes de l'état physiologique actuel de l'animal, et en aucun cas irrésistibles. Ainsi un criquet, animal « phototrophique », éclairé par l'arrière dans un tube étroit où il ne peut se retourner, se dirige néanmoins *à reculons* vers la source. Un doryphore, phototropique lui aussi, apprend à éviter un obstacle dans sa marche (intervention d'un apprentissage). Une mite volera vers la lumière mais, parvenue dans la chambre, y recherchera le coin le plus obscur pour pondre ses œufs.

Il semble donc que les tropismes, loin d'être des conduites instinctives simples, illustrant le schéma classique de l'acte instinctif, doivent au contraire, pour être expliqués, « faire intervenir un peu de la complexité du psychisme des animaux supérieurs » (Chauvin). D'ailleurs, ainsi que le fait remarquer Tinbergen, un tropisme est une expérience de laboratoire, toujours très éloignée des conditions de la nature ; quand un insecte se meut sur une piste noire dans un faisceau lumineux, toutes causes de perturbations supprimées, ce n'est pas une situation qui se réalise dans la nature. Concluons en disant avec Viaud qu'une conduite instinctive peut comporter des tropismes, mais qu'il faut « se garder de croire qu'elle n'est nécessairement que cela », et avec Chauvin que « la simplicité des comportements ne tient pas toujours aux faits, mais à la paresse ou au manque d'ingéniosité de l'expérimentateur ».

(à suivre).

JEAN-C. FILLOUX,
Agrégé de l'Université.

Récupération d'uranium

Dès 1950, il avait été reconnu que les tailings des mines d'or du Rand contenaient des minerais d'uranium récupérables. De nouvelles et importantes découvertes dans le Far East Rand et le Central West Rand seraient à l'origine de nouveaux accords avec l'Atomic Energy Board of South Africa pour la réalisation d'importantes installations qui pourraient être en marche au début de 1953.

LA CULTURE DES TISSUS VÉGÉTAUX

3. Applications à la Pathologie (1)

La pathologie est la partie la plus difficile de la biologie. Avant d'étudier l'organisme malade, il faut en effet connaître parfaitement les caractères morphologiques et physiologiques de l'être sain et c'est seulement par comparaison qu'on peut apprécier les effets de la maladie. Cette comparaison est rarement commode à établir car les réactions pathologiques sont si nuancées et parfois même si inattendues qu'on éprouve une grande peine à les discerner, puis à les expliquer.

On comprend donc que l'on se soit constamment efforcé d'appliquer les découvertes et les techniques nouvelles à l'étude des maladies. Ce fut le cas par exemple des rayons X, de la radio-activité et des diverses données fournies par l'électrophysiologie, la chimie organique, etc. La méthode des cultures *in vitro* fut également appliquée à l'étude de problèmes d'ordre pathologique. M. Jean Verne a récemment exposé dans cette revue les problèmes bactériologiques et sérologiques accessibles à la culture des tissus animaux puis la contribution apportée par cette technique à l'étude du cancer animal (2). Dans le présent article, nous examinerons parallèlement les applications de la culture des tissus végétaux en pathologie.

Les premières recherches poursuivies dans cette voie ont porté sur des cultures d'organes. Dès 1933, Lewis et Mac Coy se sont servis de racines isolées de Légumineuses pour étudier la formation des nodosités sous l'influence de Bactéries spécifiques.

Cultures de virus. — Par la suite White pensa que la méthode des cultures *in vitro* permettrait d'obtenir la multiplication des protéines-virus, ces extraordinaires agents pathogènes qui, bien que dépourvus d'organisation, peuvent cependant s'accroître comme des êtres vivants à l'intérieur de l'organisme qu'ils parasitent. Ses essais portèrent sur le virus de la Mosaïque du Tabac associé à des cultures de racines. Ce travail fournit quelques précisions sur la répartition du virus au sein des organes.

Quelque temps plus tard, Segrétain réalisa des essais analogues en se servant de fragments de tiges de Tabac cultivés *in vitro*. Ces tiges se développaient pour donner de volumineuses protubérances dans lesquelles on pouvait inoculer le virus de la Mosaïque, et celui-ci s'y multipliait. Plus récemment, notre élève Morel a repiqué des cultures ainsi inoculées et a isolé des souches de tissus de Tabac associées à divers virus.

Cultures de champignons parasites. — On s'est également servi de colonies tissulaires comme supports pour cultiver certains champignons parasites qui sont incapables de se développer dans des milieux inertes. Les premiers essais furent réalisés par Morel sur le Mildiou de la Vigne, parasite redoutable qui peut envahir d'immenses territoires et compromettre la production vinicole de régions entières. Dans une première série d'expériences Morel réalisa des infections en disposant des fructifications de Mildiou à la surface des protubérances produites par des fragments de tiges de Vigne cultivés *in vitro*. Ces fructifications germaient pour donner des filaments mycéliens qui envahissaient rapidement les tissus (fig. 1). Le mycélium était très nocif et provoquait rapidement la mort des explantats, ce qui obligeait à le repiquer fréquemment sur de nouveaux tronçons de tige. Cette méthode entraînait une grande consommation de matériel aseptique et par conséquent un travail considérable. Morel a remédié à cet inconvénient en cultivant le Mildiou sur une souche de tissus ayant subi de nombreux repiquages. Cette souche s'est montrée relativement résistante au champignon. Le mycélium n'envahissait que lentement les colonies et n'entravait pas leur prolifération si bien qu'il était possible de repiquer simultanément le tissu et le parasite.



Fig. 1. — *Développement du Mildiou à la surface des tissus produits par un fragment de tige de Vigne après deux mois de culture.*
Les petits arbuscules que l'on distingue sur la photographie correspondent aux fructifications du champignon.

Une méthode semblable a permis de cultiver l'Oïdium de la Vigne. Des essais analogues furent enfin entrepris sur des Urédinées mais on se heurta alors à de grandes difficultés. La germination des fructifications s'opérait irrégulièrement et l'on ne parvenait pas à obtenir l'infection des tissus. Un chercheur hollandais, M. Oort, imagina de cultiver des tissus prélevés sur une plante déjà contaminée. Il obtint des résultats encourageants mais ne parvint pas à entretenir indéfiniment ses cultures. Cette méthode fut reprise par Morel et conduisit finalement au succès.

Culture des tissus et tumeurs végétales. — C'est dans l'étude des tumeurs végétales que la culture des tissus trouva sa voie la plus féconde; grâce à elle, les processus tumoraux furent analysés avec une grande précision et l'ana-

1. Voir : La culture des tissus végétaux ; 1. Principes généraux, *La Nature*, n° 3212, décembre 1952, p. 364 ; 2. Nutrition, *La Nature*, n° 3213, janvier 1953, p. 22.
2. Voir : Jean Verne, La culture des tissus animaux ; 2. Résultats et applications. *La Nature*, n° 3207, juillet 1952, p. 209.



Fig. 2. — *Tumeurs provoquées par un virus sur des racines de* Melilotus alba.
(D'après BLACK).

logie entre les tumeurs animales et végétales clairement reconnue. Nous examinerons en détails cette application de la culture des tissus, en raison de son intérêt général.

Caractères généraux des tumeurs : le cancer animal. — Une tumeur est constituée par une masse tissulaire dépourvue d'organisation, provenant de la prolifération anarchique de certaines cellules de l'organisme. Lorsque la prolifération est limitée il s'agit de tumeurs bénignes. Lorsqu'elle s'opère indéfiniment on est en présence d'un cancer. Les spécialistes du cancer animal ont établi qu'il s'agit d'une maladie de la cellule. Si l'on cultive en effet des cellules cancéreuses, elles conservent néanmoins leur caractère tumoral et, par greffage sur un organisme sain, elles prolifèrent pour donner de nouveaux cancers (voir l'article, déjà cité en note, de M. Jean Verne). On sait d'autre part que trois types de facteurs peuvent concourir à la transformation cancéreuse des cellules animales. Certains cancers animaux sont déterminés par des virus. D'autres sont provoqués par voie physico-chimique, soit au moyen de substances spéciales, soit encore sous l'action de diverses radiations. Enfin des facteurs génétiques jouent un rôle esentiel dans la genèse du cancer animal car, à l'intérieur d'une même espèce, certaines lignées pures sont sensibles au cancer tandis que d'autres très voisines sont complètement résistantes.

Nous allons voir que ces diverses données se retrouvent en étudiant les tumeurs végétales.

Divers types de tumeurs végétales. — Signalons tout d'abord que la formation des tumeurs végétales relève également de divers facteurs. Certaines sont provoquées par des larves d'insectes, d'autres sont déterminées par un virus spécifique dont l'activité ne se manifeste que si la plante est blessée (fig. 2). D'autres encore ont une origine génétique. L'exemple le mieux connu des tumeurs de ce type est fourni par l'hybride *Nicotiana glauca* × *Nicotiana langsdorfii* qui produit des tumeurs spontanément, alors que les parents n'en produisent pas. Signalons encore que certaines substances, les auxines et les hétéro-auxines, provoquent le développement de tumeurs lorsqu'on les applique sur les organes de diverses plantes. Cette propriété n'a rien d'étonnant puisque ces substances sont de puissants stimulants de la multiplication cellulaire, comme nous l'avons exposé dans notre précédent article. On connaît enfin des tumeurs bactériennes. La plus exubérante est causée par



Fig. 3. — *Crown-Gall développé sur une tige de Pélargonium.*
Elle est causée par une bactérie, l'*Agrobacterium tumefaciens*.

l'*Agrobacterium tumefaciens* (fig. 3). Elle se développe de préférence au collet de la plante et pour cette raison les chercheurs de langue anglaise lui donnent le nom de Crown-Gall.

***Le problème du Crown-Gall.* — La bactérie du Crown-Gall.** — Ce type de tumeur a fait l'objet de recherches nombreuses. E. Smith, observant attentivement des plantes malades, découvrit la présence de métastases, c'est-à-dire de tumeurs secondaires formées à quelque distance du foyer primitif. Fait curieux, ces métastases ne contenaient pas de bactéries. Elles devaient donc résulter d'une action à distance exercée par l'*Agrobacterium*. Des expériences entreprises par Berthelot et Mlle Amoureux ayant établi que cette bactérie élabore de l'acide indole-acétique, qui est capable de stimuler la prolifération des

cellules végétales, il fut possible d'expliquer le développement tumoral par l'accumulation de cette substance dans les tissus. L'existence de tumeurs secondaires dépourvues d'éléments bactériens devenait ainsi compréhensible car on pouvait admettre qu'elles résultaient d'une diffusion d'acide indole-acétique autour des régions contaminées par l'*Agrobacterium*.

Nature cancéreuse du Crown-Gall. — Mais cette interprétation fut ruinée en 1943 par les travaux de Braun et White. Désirant étudier les besoins nutritifs des cellules de Crown-Gall, ces chercheurs avaient essayé de cultiver des fragments de tumeurs secondaires dans un milieu contenant des sels minéraux, un sucre, du glycocolle et de la vitamine B_1. Ils isolèrent ainsi une souche capable de proliférer indéfiniment. Cette souche était exempte de bactéries et pourtant elle possédait un caractère tumoral, car en la greffant sur des plantes saines on obtenait de nouvelles tumeurs (fig. 4). On retrouve ici le critère du cancer défini par M. Verne dans son article précité. Le Crown-Gall serait donc un véritable cancer végétal. Les recherches de Braun et White présentaient un grand intérêt car elles établissaient que la bactérie déclenche simplement le processus tumoral et que celui-ci persiste ensuite en l'absence de toute intervention bactérienne. Elles n'avaient pourtant pas épuisé le problème du Crown-Gall. Il fallait encore établir une comparaison entre les cellules de Crown-Gall et les éléments normaux correspondants. White et Braun n'avaient pas réalisé cette comparaison faute d'avoir pu cultiver des tissus normaux.

Comparaisons entre tissus de Crown-Gall et tissus normaux. — Or, au moment où White et Braun publièrent leurs résultats, nous avions réalisé depuis longtemps des cultures de ce type grâce à des milieux renfermant une auxine, en l'espèce de l'acide indole-acétique, ou une hétéro-auxine, par exemple de l'acide naphtalène-acétique. Nous possédions donc le moyen de comparer les besoins nutritifs des tissus normaux et tumoraux. Cette comparaison montra que les tissus de Crown-Gall pouvaient être cultivés dans un milieu dépourvu de facteur de croissance, même lorsque les tissus normaux correspondants exigaient de l'auxine. Des dosages, pratiqués par notre collaboratrice Mlle Kulescha, ont établi que les colonies de Crown-Gall élaborent environ vingt-cinq fois plus d'auxine que les colonies normales. Ce résultat fut confirmé par Henderson et Bonner, qui essayèrent en outre d'expliquer cette différence d'élaboration d'auxine en comparant les systèmes enzymatiques des tissus normaux et tumoraux. A la suite de ces recherches complémentaires, ils ont estimé que les tissus normaux contiennent un inhibiteur qui freine l'action de l'enzyme provoquant la transformation intracellulaire du tryptophane en acide indole-acétique. Cet inhibiteur n'existerait pas ou serait très faiblement représenté dans les tissus de Crown-Gall, ce qui explique qu'ils puissent proliférer *in vitro* sans apport externe de substance de ce type. Le processus tumoral peut alors s'expliquer de la manière suivante : l'*Agrobacterium* produit une transformation permanente de la cellule qui consisterait dans une exaltation du pouvoir de synthétiser des auxines; grâce à l'élaboration accrue de ce facteur essentiel de la prolifération cellulaire, les éléments tumoraux se mutiplient sans frein au sein de la plante entière, bien que celle-ci ne leur fournisse pas assez d'auxine.

D'autres types de tumeurs présentent les mêmes caractères généraux que le Crown-Gall. C'est ainsi, que les tissus des tumeurs provoquées par des virus ou de celles produites par l'hybride *Nicotiana glauca* × *Nicotiana langsdorfii* peuvent être cultivés sans auxine parce qu'ils produisent une quantité suffisante de cette substance.

Tumeurs produites par l'acide indole-acétique. — Le cas des tumeurs produites par l'acide indole-acétique est plus complexe. Si l'on isole un fragment de la tumeur produite en traitant une tige de topinambour ou de vigne-vierge par de l'acide indole-acétique, on constate qu'il ne peut être cultivé dans un milieu dépourvu d'auxine. Si on le greffe sur une plante saine il ne produit pas de tumeur. Enfin les cellules n'élaborent que très peu d'auxine. L'acide indole-acétique a donc simplement stimulé la multiplication des cellules mais n'a provoqué aucune transformation tumorale. Cette substance est cependant un agent cancérigène. Nous avons pu nous en rendre compte en observant pendant plusieurs années des cultures réalisées dans un milieu en contenant une dose convenable. De temps à autre, certaines colonies produisaient des protubérances translucides dont l'aspect rappelait celui de cultures de tissus de Crown-Gall. Ces protubérances ont pu être repiquées dans



Fig. 4. — ***Tumeur obtenue en greffant une culture aseptique de tissus de Crown-Gall sur un pied de soleil.***
(D'après BRAUN et WHITE).

un milieu dépourvu de substance de division et elles ont ainsi donné des colonies capables d'élaborer bien plus d'auxine que les tissus normaux correspondants et pouvant fournir des tumeurs par greffage. A cette transformation très particulière nous avons donné le nom d'accoutumance à l'auxine. Nos recherches furent reprises par l'Américain de Ropp mais la durée de ses cultures fut trop brève (16 semaines) pour qu'il ait pu obtenir un résultat quelconque. Le seul intérêt de son travail fut de l'amener à discuter la signification de ce phénomène qu'il n'avait pas observé lui-même. Cette étude superficielle aurait pu faire douter de nos propres résultats. Il n en fut pourtant rien car Morel en France, Nickell et Hildebrandt aux États-Unis et Kandler en Allemagne observèrent à leur tour le phénomène d'accoutumance. La possibilité de provoquer une transformation tumorale des tissus par voie chimique est donc largement confirmée.

On s'est naturellement efforcé d'entreprendre une large comparaison entre les propriétés des tissus de Crown-Gall et celles des tissus accoutumés à l'auxine. L'un des points communs les

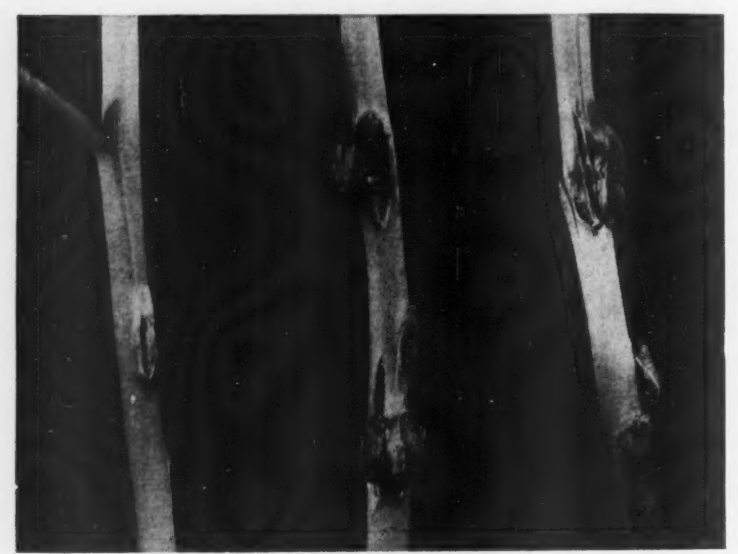


Fig. 5. — *Aspect de tiges de Tabac greffées avec divers types de tissus.*

A gauche : tige greffée avec une languette de tissu normal. Il ne s'est formé aucune tumeur. *A droite :* tige greffée avec des fragments de colonies provenant de tissus de Crown-Gall. Elle a produit des tumeurs. *Au centre :* tige greffée avec des tissus provenant de souches ayant subi une transformation tumorale sous l'action prolongée d'acide naphtalène-acétique.

plus caractéristiques consiste dans le fait que les deux types de tissus sont plus ou moins complètement insensibles à l'action stimulante des auxines, même lorsque les tissus normaux correspondants réagissent intensément à l'action de ces substances.

Les tissus accoutumés à l'auxine se développent plus vite que les tissus normaux. En général la croissance des tissus de Crown-Gall est encore plus rapide. Toutefois, dans le cas du Tabac, c'est au contraire le tissu accoutumé qui manifeste le plus d'exubérance.

Avec la collaboration de M. Camus, nous avons essayé de comparer les propriétés tumorales des tissus de Crown-Gall et des tissus accoutumés de Scorsonère en les greffant sur des fragments d'organes sains. Nous avons constaté dans les deux cas la formation de tumeurs. Nous avons répété ces expériences avec M. Limasset sur des plantes entières en utilisant des tissus de Tabac. Le pouvoir tumoral des tissus accoutumés fut, dans ce cas, plus accentué que celui des tissus de Crown-Gall (fig. 5).

Braun et Morel, ayant réalisé des expériences similaires avec des tissus de Vigne, parvinrent à des résultats différents. Ils constatèrent en effet que le tissu de Crown-Gall fournissait des tumeurs bien plus volumineuses que le tissu accoutumé. Ceci les conduisit à douter du caractère tumoral du phénomène d'accoutumance. Nous pensons qu'en réalité leur choix fut mauvais car les colonies de tissus de Crown-Gall de Vigne sont très différentes des colonies accoutumées. Les premières sont brunes, opaques, relativement compactes et possèdent une structure hétérogène, renfermant notamment des cellules ligneuses, tandis que les secondes sont faites d'un parenchyme homogène translucide, extrêmement délicat et peu capable de résister à la greffe. Il était donc facile de deviner que ces deux tissus de nature très différente ne se comporteraient pas de la même façon. Il paraît abusif d'avoir tiré des conclusions générales de ce cas très exceptionnel.

Crown-Gall et auxines. — Si l'on considère à présent l'ensemble des faits qui viennent d'être évoqués, on constate que des causes diverses peuvent provoquer une transformation tumorale de nature cancéreuse. Cette multiplicité est surprenante et l'on peut se demander si en réalité des facteurs apparemment distincts ne seraient pas identiques. Nous pouvons par exemple supposer que l'acide indole-acétique sécrété par l'*Agrobacterium* serait la cause directe de la transformation tumorale produite par cette bactérie. Cette hypothèse est séduisante, mais plusieurs faits indiquent qu'il ne doit pas y avoir identité entre la cancérisation chimique et la cancérisation bactérienne. Celle-ci s'opère presque instantanément et d'une manière inéluctable. Il suffit pour l'obtenir que l'*Agrobacterium* se trouve pendant dix heures à l'intérieur des tissus. Au contraire l'action cancérigène de l'acide indole-acétique n'apparaît qu'à la longue et très rarement. Cette remarque s'oppose à ce qu'on confonde les inductions tumorales d'origine bactérienne et d'origine chimique.

D'autres observations amènent également à distinguer ces deux types de cancérisation. Par exemple, le fait que certaines souches d'*Agrobacterium* ne produisent de tumeurs sur diverses plantes qu'en présence d'un apport externe d'auxine exclut que l'acide indole-acétique puisse être à lui seul le facteur de la transformation tumorale.

On doit donc renoncer à toute tentative de rapprochement entre cancérisation bactérienne et cancérisation chimique.

Crown-Gall et virus. — On peut envisager une autre confrontation, par exemple entre les tumeurs bactériennes et celles causées par des virus. Ceci conduit à se demander si la bactérie du Crown-Gall serait accompagnée d'un virus qui persisterait après son élimination des tissus et représenterait le véritable agent tumoral. Cette hypothèse s'appuie sur les résultats de diverses expériences. Les unes, réalisées par de Ropp puis par Camus et nous même, ont établi que la transformation tumorale peut être transmise par greffage de colonies de Crown-Gall sur des tissus normaux, ce qui démontre que ce tissu tumoral contient un facteur non figuré capable de diffuser de cellule à cellule et d'engendrer à distance le phénomène cancéreux. Ce facteur n'ayant pu être extrait, on peut penser qu'il serait formé par un protéide-virus particulièrement fragile.

D'autres travaux dus à Braun conduisent à une conclusion analogue. Ces travaux consistèrent à étudier l'action de la température sur la transformation tumorale. Braun remarqua qu'au-dessous de 26° il suffit que les bactéries demeurent pendant 10 h au contact des tissus pour que la transformation se produise. A 27°, il faut que l'action bactérienne dure 16 h. Elle doit être portée à 40 h si la température est de 28°. Enfin à 29° la cancérisation cesse de se produire. Une élévation de



Fig. 6. — *Diagrammes d'électrophorèse des protéines cytoplasmiques de cultures de tissus de Soleil.*

A gauche : diagramme correspondant aux tissus normaux ; la courbe exprime la répartition des diverses protéines. *A droite :* diagramme correspondant aux tissus de Crown-Gall ; il montre un sommet très aigu qui n'existe pas dans le diagramme relatif au tissu normal, ce qui signifie que le tissu de Crown-Gall contient une protéine spécifique.

température de 3° provoque donc la destruction du facteur cancérigène. Des considérations thermodynamiques conduisent à penser qu'il s'agirait d'une substance thermolabile à poids moléculaire élevé qui pourrait être par exemple un protéide.

Les recherches récentes de notre collaborateur Camus ont confirmé la justesse de cette idée. En analysant par la technique de l'électrophorèse les protéides de cultures de tissus de Crown-Gall et des colonies normales correspondantes, il a constaté la présence, dans les tissus tumoraux, d'un protéide qui n'existe pas dans les tissus normaux (fig. 6). Il reste à démontrer que ce protéide est un virus et qu'il accompagne l'*Agrobacterium*.

On voit en somme que l'étude des tumeurs végétales aboutit aux mêmes conclusions que celles formulées par les spécialistes du cancer animal. Dans les deux cas, divers facteurs peuvent engendrer la transformation tumorale et il est très difficile de trouver une unité véritable dans ces phénomènes apparemment disparates. Le problème général du cancer commence à émerger du chaos mais sa solution n'est pas encore en vue.

Conclusion. — Pour conclure nous pouvons dire que la culture des tissus végétaux a rendu de grands services en pathologie. Elle a non seulement permis d'aborder des problèmes concernant spécialement le règne végétal mais aussi des sujets plus larges, comme celui des phénomènes tumoraux qui appartient au domaine de la biologie générale. Cette technique n'a donc pas déçu les espérances de ses fondateurs.

R.-J. Gautheret,
Professeur à la Sorbonne.

Communications fluviales et travaux hydrauliques en U.R.S.S.

Il peut paraître surprenant que les transports fluviaux n'assurent qu'une part relativement faible du trafic intérieur de l'U.R.S.S. :

1940 : 35,8 milliards de t/km (contre 415 aux voies ferrées)
1951 : 49,3 » » (contre 667).

Le relief est plat, la pente infime, l'alimentation des cours d'eau régulière. Mais il faut compter avec le gel hivernal, trois à cinq mois en Russie, six et sept mois en Sibérie. D'autre part, le réseau fluvial est « décousu »; seul, l'achèvement des vastes travaux entrepris depuis 1930 sous le nom de « plan des cinq mers » permettra une desserte pratique par eau des principales régions, au moins de Russie d'Europe. Laissons de côté le grandiose plan Davydov dont la mise au point se poursuit, et qui consistera à détourner vers la mer d'Aral l'Ob, l'Irtych et l'Iénissei, créant une vaste mer intérieure et fertilisant les steppes d'Asie centrale. Nous nous en tiendrons aux réalisations en cours, dont la mise en service doit intervenir d'ici 1957. La figure 1 permettra, au surplus, de localiser les travaux antérieurs, du XVIII[e] siècle à la Révolution de 1917, qui, à la différence des travaux actuels, ne s'intéressaient qu'à la navigation, négligeant l'irrigation et, naturellement, la houille blanche.

Système du Dniepr. — Le célèbre barrage du Dniepr (Dnieproghès) qui fut le premier grand ouvrage construit par les Soviets (1933), avait noyé les rapides, ou « poroghi », qui entravaient le trafic en amont de Dniepropetrovsk : Kiev était relié à la mer Noire sans transbordement. Détruit deux fois pendant la guerre, le Dnieproghès actuel a une puissance double de celle de 1940. L'intérêt des travaux dans cette région porte maintenant surtout sur l'irrigation et la production de courant électrique (centrale en construction de Kakhova, sur le bas-Dniepr).

Système de la haute Volga. — Le système Marie (relations Volga-Baltique par le Svir) a été reconstruit à 9 écluses au lieu des 40 primitives; les canaux de Tikhvin et du Volkhov améliorés, les liaisons avec le Nord assurées par le creusement du canal de la mer Blanche. La plupart de ces travaux étaient terminés avant la guerre.

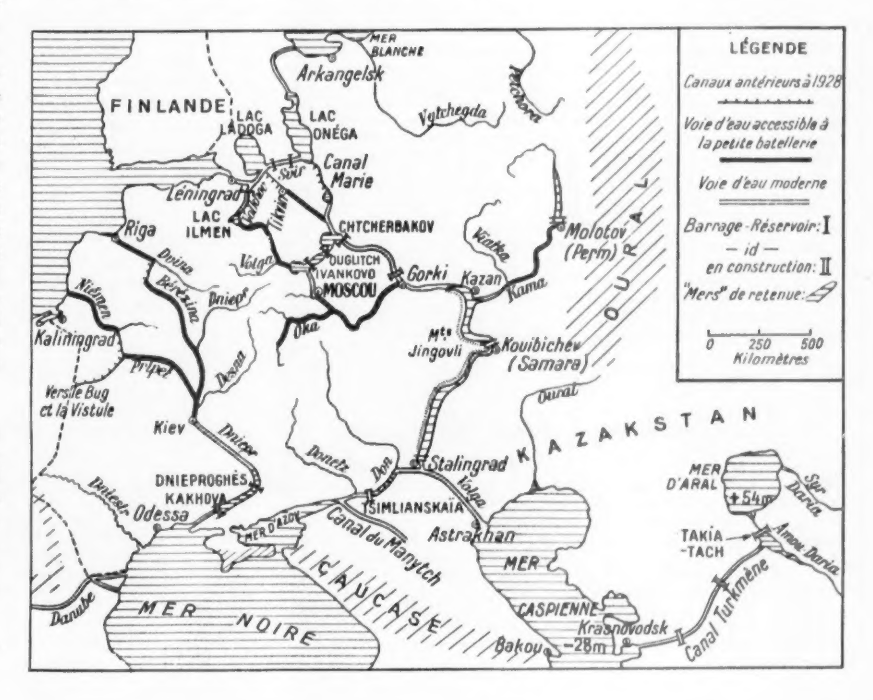


Fig. 1. — ***Barrages et communications fluviales en U.R.S.S.***

En même temps, on travaillait au relèvement du plan d'eau de la haute Volga, par l'édification des trois barrages d'Ivankovo, Ouglitch et Chtcherbakov, et au creusement du canal Volga-Moscou; achevé dès 1938, ce canal, long de 129 km et large de 86 m, ne comporte que 11 écluses et accueille des navires tirant plus de 5 m. Les relations avec l'aval, actuellement limitées par le faible tirant d'eau de la moyenne Volga et de son affluent l'Oka (2,50 m en moyenne), doivent être assurées avec l'achèvement des trois grands barrages de Gorki, Kouibichev et Stalingrad.

Système de la moyenne et de la basse Volga. — Du premier ouvrage, celui de Gorki, on ne sait pas grand chose; les travaux ne semblent pas avoir commencé. En revanche, les deux autres sont en cours de réalisation avec l'aide de puissants moyens techniques (dragues débitant 1 000 m³ à l'heure, excavateurs de 14 m³ de capacité, énormes usines à béton) et doivent être achevés en 1957.

Étant donné la faible pente de la Volga, une hauteur de 25 m suffira dans les deux cas pour relever le plan d'eau sur 500 km de long et une trentaine de large, créant deux véritables mers intérieures (les Soviets donnent déjà volontiers le nom de « mer » à tous ces grands lacs). La puissance hydroélectrique doit être dans les deux cas d'environ 2 millions de kW, pour une production annuelle envisagée de 10 milliards de kWh.

Enfin, par écoulement libre (rive gauche, canal Stalingrad-fleuve Oural), ou par pompage (rive droite, plus escarpée), près de 15 millions d'ha de steppes seront irrigués.

Ici, comme sur le Rhône, mais à l'échelle eurasiatique, l'objectif est triple : navigation, irrigation, production d'électricité.

Système Don-Volga. — Il en est de même pour le Don inférieur, maintenant relié à la Volga. Un canal, long de 101 km, relie Stalingrad sur la Volga et Kalatch sur le Don, dans la région où les deux fleuves sont les plus rapprochés. La ligne de partage des deux bassins, haute seulement de 88 m, est franchie à partir de la Volga par neuf écluses et du côté du Don par six. Trois stations de pompage, trois barrages et le vaste bassin de retenue de Tsimlianskaia, long de 200 km, alimentent le canal et doivent en plus régulariser le débit du Don, servir à l'irrigation et fournir de l'énergie électrique. On ne sait rien de précis sur la section utile du canal; la presse soviétique a parlé du passage possible de péniches de 6 000 t et de bateaux-citernes de 4 000 t.

Système Caspienne-mer d'Aral. — Il s'agit ici du canal turkmène, première étape du projet Davydov : les eaux de l'Amou-Daria, détournées par l'ancien lit de l'Ouzboï, s'écouleront à raison de 5 à 600 m³ par seconde, débit nettement supérieur à celui de la Seine (425), vers Krasnovodsk, utilisant sur 1 100 km la différence de niveau entre la mer d'Aral (+ 54) et la Caspienne (— 28). Là aussi, irrigation et production de courant (trois centrales sont prévues) ne seront pas négligées. L'achèvement doit intervenir avant 1957.

Nul doute qu'au moment où seront terminés ces énormes travaux, le problème des communications fluviales ne soit en grande partie résolu. Il restera néanmoins à raccorder Baltique et mer Noire par un canal moderne, à relier Moscou au Dniepr par l'Oka et la Desna, la région houillère du Donetz à Moscou par le Don. Il restera d'autres travaux sur la Kama (centrale de Molotov), en vue de relier au reste de la Russie d'Europe les riches régions minières de la Petchora et de l'Oural. Ce sera sans doute l'objet de plans futurs.

P. W.

Dilatomètre pour l'étude des houilles

Après des études sur la fusion de la houille, les laboratoires des houillères et des cokeries ont mis au point des appareils enregistreurs de la dilatation thermique des houilles. On peut mettre ainsi en évidence deux phénomènes physicochimiques importants à connaître pour la conduite de la carbonisation : la fusion commençante et le seuil de la distillation. Des chercheurs français ont récemment amélioré ces appareils d'une façon considérable. Le cylindre échantillon, obtenu par compression de poudre humidifiée, peut être chauffé au contact de l'air ou d'un gaz approprié : azote, hydrogène, gaz d'éclairage, etc. Un four à résistance permet de régler la température et l'allure du chauffage. On peut ainsi enregistrer la contraction subie par le semi-coke, soit au cours de cycles thermiques progressivement poussés, soit en condition isotherme. Le tracé de la courbe dilatométrique accuse le départ de l'eau absorbée et mesure la dilatibilité du semi-coke après chaque cycle de cuisson. La sensibilité du système amplificateur et enregistreur est telle que la faible oxydation de la houille pulvérulente déterminée par un contact de 24 h seulement avec l'air modifie de façon appréciable le graphique dilatométrique.

Une source inattendue de vitamine B_{12}

La vitamine B_{12}, principe actif des extraits de foie, à laquelle *La Nature* a consacré un exposé dans son numéro d'avril dernier, a pris une place importante en thérapeutique, notamment pour le traitement des anémies pernicieuses. Elle est extraite des bouillons de culture résiduaires après la préparation des antibiotiques tels que la streptomycine et l'auréomycine.

Une source inattendue de cette vitamine vient d'être signalée. Depuis 25 ans, la ville de Milwaukee, dans le Wisconsin, traite ses eaux d'égout et en tire un engrais organique de valeur : la milorganite. Des spécialistes ont constaté que chaque kilogramme de milorganite renferme de 2 à 8 mg de vitamine B_{12}. La municipalité de Milwaukee a installé une usine pilote qui a montré que l'extraction de la précieuse substance était réalisable et rentable. L'exploitation industrielle va commencer.

Un lubrifiant à base de plomb

Les progrès dans le domaine de la métallurgie des poudres et l'application d'un procédé d'homogénéisation spécial ont permis de mettre au point un lubrifiant à base de plomb. Ce produit (« Lead-Lube ») de fabrication américaine est une graisse contenant à une teneur élevée de la poussière de plomb en suspension permanente. La fonction du plomb est de former une couche protectrice autolubrifiante sur les surfaces en frottement, tout en contribuant à améliorer l'état de surface des pièces quelque peu usagées ; la résistance à la corrosion de la couche de plomb augmente en outre la durée de vie des pièces soumises à des conditions de fonctionnement sévères.

Panneaux de déchets de bois

L'Oregon Lumber Cy of Baker, qui exploite des forêts au nord-ouest des États-Unis, vient de construire une usine pour tirer parti de la masse considérable de déchets de bois et d'écorce provenant de ses scieries. Ces déchets sont transformés en panneaux dont il peut être produit 11 000 m² journellement.

L'originalité du procédé réside en ce qu'il ne fait appel à aucun produit chimique. On n'a recours qu'à la vapeur et à des procédés mécaniques. Les panneaux obtenus, de toutes les épaisseurs, seraient aussi solides et aussi faciles à travailler que les planches naturelles. La méthode est très économique et évite toute pollution des eaux.

Le premier bateau à vapeur de Robert Fulton

On a récemment complété pour les collections maritimes du Science Museum de Londres, un modèle fonctionnant du premier bateau à vapeur expérimental construit à Paris en 1803 pour le fameux pionnier américain Robert Fulton (1765-1815) et essayé avec succès par lui sur la Seine durant l'été de la même année. Le modèle a été construit à l'échelle de 1/27, d'après les plans de Fulton lui-même (fig. 1), conservés au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris. Le modèle (fig. 2) peut être manœuvré à la main, de telle façon que le public puisse le mettre en mouvement lent, afin de pouvoir étudier clairement le mécanisme plutôt compliqué du levier latéral.

Pour apprécier la contribution de Fulton au développement de la propulsion à vapeur des bateaux, il peut être considéré comme un inventeur, un adaptateur et un homme d'affaires rusé, prêt à exploiter les résultats obtenus par d'autres. Il est un fait historique, qu'il s'était familiarisé avec les découvertes relatives à l'emploi de la vapeur au moment de l'essai réussi, et qu'il fut ainsi à même d'éviter les erreurs commises par d'autres inventeurs. On dit que, pendant son séjour à Paris, il avait tous les détails concernant le travail de pionnier accompli à Philadelphie par son compatriote John Fitch. En 1802 il visita l'Écosse et fit un essai à bord du *Charlotte Dundas* construit en 1801, et souvent dénommé « le premier bateau à vapeur *pratique* ». Ainsi armé, et pourvu à Paris d'une aide financière suffisante, Fulton se consacra en 1803 à la construction de son premier bateau à vapeur expérimental. Il ne prétendit pas en être l'inventeur, reconnaissant lui-même l'antériorité du Marquis de Jouffroy d'Abbans en 1783, mais il concentra son attention sur des mécanismes bien éprouvés et des proportions correctes pour la coque.

La coque en bois était construite à joints carrés, bouchains vifs, fond plat et sans quille extérieure. L'étrave recourbée rejoignait la carlingue centrale à angle vif. Le bateau était plutôt de formes pleines à l'avant, et comportait une longue partie parallèle au centre avec une fuite courte à l'arrière. Pour compenser le faible tirant d'eau de la coque, deux renforts longitudinaux étaient prévus; ils supportaient également les deux guides verticaux pour la crossette du piston. L'arcasse carrée portait un gouvernail à talon droit, manœuvré à la main par une barre franche. On ne trouve pas trace d'une voile; seule la vapeur était mise à contribution pour la propulsion.

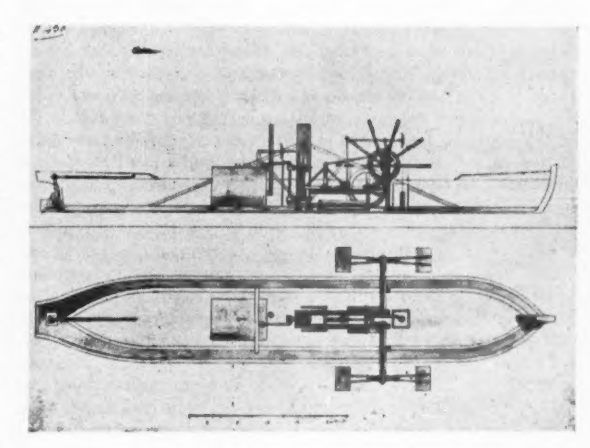


Fig. 1. — *Dessins de Robert Fulton (1803).*
(Conservatoire National des Arts et Métiers).

Le cylindre à vapeur avait été construit par le pionnier français Jacques C. Périer, de Chaillot près de Paris, et emprunté ou loué par Fulton à cette occasion. C'était un cylindre vertical à double effet, qui avait 450 mm de diamètre; la course du piston était de 800 mm, et nominalement de 8 ch. Les autres parties de la machine avaient été construites par Étienne Calla, de Paris. La crossette, à la partie supérieure de la tige du piston, travaillait dans des guides verticaux, raidis par les renforts longitudinaux du bateau. Le mouvement était ramené vers le bas au moyen de bielles vers une paire de leviers latéraux triangulaires dont les bras égaux avaient 91 cm de long. Du sommet de ces leviers triangulaires, le mouvement était transmis par une bielle horizontale à l'arbre coudé des roues à aubes. Le mouvement de l'arbre coudé était multiplié dans le rapport de 6/28, au moyen de roues dentées, entraînant l'arbre à vitesse rapide, placé dans le fond du bateau et portant deux volants lourds, de 152 cm de diamètre. Les roues à aubes avaient 365 cm de diamètre et portaient chacune dix pales fixes radiales de 91 cm de long et 56 cm de large. Il est probable que les roues à aubes auraient fait environ 15 tours par minute, le bateau faisant une vitesse de 7,2 km/h.

Pour la chaudière, Fulton avait en premier lieu dessein d'utiliser le principe d'injection, d'après lequel l'eau d'alimentation est introduite dans une chambre chauffée au rouge, en quantité suffisante pour produire la vapeur

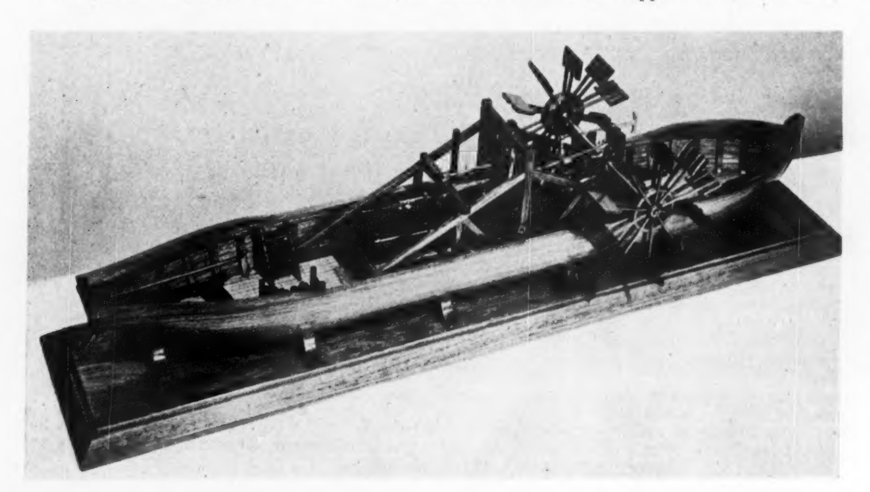


Fig. 2. — *Modèle au 1/27 du bateau de Fulton.*

nécessaire pour un seul coup du piston; cette méthode fut développée plus tard en France par Léon Serpollet. La description, qui peut être consultée à la Bibliothèque Nationale à Paris, est la suivante : « M. Calla, mécanicien à Paris, a conservé le dessin d'après lequel il a exécuté cette machine, sous la direction de Fulton. La chambre à vapeur placée au milieu du foyer est un cylindre de cuivre rouge de 4 pouces anglais (10 cm) en diamètre et d'une hauteur égale à ce diamètre. Le cylindre à piston est en cuivre jaune, de 2 pouces anglais (5 cm) de diamètre et d'environ 24 pouces (61 cm) de longueur; il est vissé sur la chambre à vapeur. Un peu au-dessus de cette jonction, il est traversé par deux tubes inclinés, dont le diamètre intérieur est d'environ 3 mm. L'eau du réservoir tombe par l'un de ces tubes dans la chambre à vapeur; cette chambre communique avec l'air extérieur par l'autre tube. Cette double communication étant interceptée par des robinets que la tige du piston moteur ouvre ou ferme en temps convenable, la vapeur se forme dans la chambre chauffée au rouge, et sa pression s'exerce sur la base du piston moteur. Ce piston arrivé à la limite supérieure de sa course ouvre de nouveau la communication de la chambre à vapeur avec l'air atmosphérique; soumise à l'action du contrepoids dont sa tige est garnie, il descend, et la pression de la vapeur sur la base inférieure se renouvelle ». On dit que Fulton avait envisagé des pressions de 450 lb. per sq. in. (environ 32 atmosphères), mais après quelques expériences avec M. Calla, on constata que le cuivre de la chambre à vapeur se détériorait trop rapidement et le projet fut, pour cette raison, abandonné.

Finalement, on rapporte que Fulton employa une chaudière à tubes d'eau de forme primitive inventée par son ami Joël Barlow, à l'usage des bateaux à vapeur et brevetée à Paris en 1793. Cette chaudière mesurait 215 cm de long, 152 cm de large et 152 cm de haut. Elle avait été construite par Étienne Calla. Il semble qu'elle fut chauffée au bois, à faible pression de vapeur, probablement pas plus de 0,14 atmosphères au-dessus de la pression atmosphérique. Cette chaudière fut conservée plus tard au Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris. Fulton employa également un condenseur de forme simple, avec pompe à air verticale qui avait 15 cm de diamètre et 38 cm de course, entraînée par une extension des leviers latéraux.

Après l'achèvement et l'équipement du bateau, celui-ci fut amarré dans la Seine, prêt pour les essais. Mais une violente tempête s'éleva, et la coque se montra incapable de supporter le poids de la machine dans de telles conditions. La coque se cassa en deux, et le tout sombra dans la boue de la rivière. La nouvelle fut annoncée à Fulton alors qu'il était encore au lit. Il se précipita à l'endroit de la catastrophe et travailla toute la journée dans la rivière, sans prendre de repos ni de nourriture, afin de récupérer la machine. Cette imprudence lui valut une faiblesse qu'il sentit jusqu'à la fin de sa vie. Pourtant, loin d'être découragé par cette mésaventure, il construisit une seconde coque plus solide, dans laquelle il plaça la même machine, réparée.

Les essais de ce bateau furent relatés dans un journal local comme il suit :

« Le 21 thermidor (9 août 1803) on a fait l'épreuve d'une invention nouvelle, dont le succès complet et brillant aura les suites les plus utiles pour le commerce et la navigation intérieure de la France. Depuis deux ou trois mois, on voyait au pied du quai de la Pompe de Chaillot un bateau d'une apparence bizarre, puisqu'il était armé de deux grandes roues posées sur un essieu comme pour un chariot, et que derrière ces roues était une espèce de grand poêle avec un tuyau, que l'on disait être une petite pompe à feu destinée à mouvoir les roues et le bateau. Des malveillants avaient, il y a quelques semaines, fait couler bas cette construction. L'auteur ayant réparé le dommage, obtint avant-hier la plus flatteuse récompense de ses soins et de son talent.

« A six heures du soir, aidé seulement de trois personnes, il mit en mouvement son bateau et deux autres attachés derrière, et pendant une heure et demie il procura aux curieux le spectacle étrange d'un bateau mû par des roues comme un chariot, ces roues armées de volants ou rames plates, mues elles-mêmes par une pompe à feu. En le suivant le long du quai, sa vitesse contre le courant de la Seine nous parut égale à celle d'un piéton pressé, c'est-à-dire de 2 400 toises (environ 4,7 km) par heure; en descendant, elle fut bien plus considérable; il monta et descendit quatre fois depuis les Bonshommes jusque vers la Pompe de Chaillot; il manœuvra en tournant à droite, à gauche, avec facilité, s'établit à l'ancre, repartit et passa devant l'École de Natation... L'auteur de cette brillante invention est M. Fulton, Américain et célèbre mécanicien ».

D'autres auteurs disent que le bateau avait atteint les vitesses de 5,8 km et de 7,2 km par heure. Les dimensions de la première coque (représentée par le modèle) étaient les suivantes : déplacement, environ 25 tonnes; longueur hors tout, 20,3 m; longueur à la flottaison, 19,1 m; longueur de la quille, 18,6 m; largeur de la coque, 3,2 m; largeur hors roues, 5,3 m; creux, 1 m; tirant d'eau, 0,55 m. Les dimensions de la seconde coque étaient : longueur, 22,8 m; largeur, 2,5 m; creux, 0,98 m.

H. Philip Spratt,
Science Museum, Londres.

Germaine L. Bigot,
Bibliothèque Nationale, Paris.

La récupération du manganèse

Le développement de la production sidérurgique américaine exige une quantité de plus en plus importante de minerais de manganèse. Pour réduire le recours à l'importation, les aciéries américaines ont fait des recherches en vue de récupérer le manganèse des scories des fours Martin. Une usine pilote fonctionne à Pittsburg depuis le début de l'an dernier. L'extension du procédé qui y est utilisé permettrait la récupération d'environ 360 000 t de manganèse, soit 68 pour 100 du tonnage consommé en 1950.

D'autre part, de nouveaux procédés de métallurgie chimique ont permis l'enrichissement et l'affinage de minerais mixtes de fer et de manganèse en séparant les deux éléments.

Enfin, les gisements de minerais à basse teneur, importants en Géorgie, ont fait l'objet d'études du Bureau of Mines. Les méthodes mises au point à petite échelle permettraient la mise en valeur de gîtes actuellement dédaignés par suite de leur faible titre en manganèse.

Textiles artificiels contre textiles naturels

La revue *L'Industrie Chimique* rapporte un curieux épisode de la lutte des textiles artificiels contre les textiles naturels.

Devant le succès croissant des fibres artificielles, les syndicats (laine et coton) ont réagi et entrepris une vaste campagne publicitaire recommandant non pas tel ou tel fabricant, mais simplement l'usage de la laine ou celui du coton et vantant leur supériorité sur celui des fibres artificielles.

De leur côté, les fabricants et utilisateurs d'Orlon ont fait une démonstration spectaculaire au Waldorf-Astoria où, devant un millier d'invités, deux mannequins ont été plongés dans une sorte d'aquarium ; l'un portait une robe plissée en laine qui n'a pu résister au traitement, l'autre une robe plissée en Orlon qui a gardé ses plis après l'immersion. L'opération publicitaire est revenue à 120 000 dollars.

Engins modernes de terrassement

Le temps n'est pas si loin où le grand chantier de terrassement offrait le spectacle d'une foule énorme de travailleurs armés de pelles, avec des voies Decauville aux traverses de fer, enfonçant dans la boue, au milieu d'un vacarme de wagonnets et de la fumée des minuscules locomotives.

Tout cela est changé : le grand chantier, le lieu d'œuvre géant qui s'appelle Donzère ou Ottmarsheim et qui va transformer l'aspect de la planète, est maintenant un désert, une étendue cosmique, lunaire, retournée par les pelles-diesel, rasée par les bulldozers et les niveleuses. Le pneu géant, plus haut qu'un homme, a détrôné le rail... Et l'homme lui-même, vous ne l'apercevrez, entre ces engins aux mouvements de martien et de crabe, que sous la forme d'une minuscule silhouette guidant à bras, comme un télégraphe Chappe, les mouvements des titans d'acier [1].

Les trois âges du chantier

Vauban, pour les travaux de terrassement en campagne, avait fixé le chargement de la brouette militaire à 100 kg. En 1840, lors de la construction des talus du fort de Vincennes, on utilisa des appareils élévateurs mus par le poids d'un homme : celui-ci montait par une échelle et s'asseyait dans une cabine suspendue, formant contrepoids, pour élever les matériaux.

Plus près de nous, l'introduction des engins à vapeur et des chemins de fer Decauville, à voie de 70 cm ou même à voie métrique, est venu transformer une première fois l'aspect des chantiers. Ce fut l'époque des briquettes, des wagonnets basculants, des petites plaques tournantes en forme de bouclier. La force musculaire humaine, à ce stade, était encore largement mise à contribution.

L'utilisation de matériels modernes tout différents, rapides et à grand rendement, se révéla nécessaire après la guerre, dès 1945, pour réaliser, dans des délais aussi courts que possible, outre les travaux de déblaiement et de reconstruction nécessaires, un vaste programme d'aménagements hydro-électriques comportant : 80 millions de m^3 de terrassement, dont 70 millions pour les seuls Chantiers du Rhône et du Rhin, 6 millions de m^3 de barrages et 400 km de galeries.

A ce moment, les entreprises de travaux publics ne disposaient plus que d'un parc de matériel très réduit, à bout de souffle, tandis que des indications extrêmement intéressantes arrivaient des États-Unis, de Suède et de Suisse sur les progrès réalisés dans ces pays pour l'équipement des entreprises, tandis que la France était paralysée par la guerre et l'occupation.

Le gas-oil, alimentant les diesels, l'électricité à « demi-haute tension » (10 000 à 15 000 V) et le pneu à basse pression, de très grandes dimensions, ont aujourd'hui remplacé les briquettes de charbon, la vapeur et les rails. La pelle à vapeur haletante, les locomotives légères, les navettes de « wagons girafes » ne sont plus qu'un souvenir.

Les grands terrassements s'exécutent aujourd'hui avec des *draglines* électriques, des *pelles* électriques ou Diesel; les déblais sont transportés par des tombereaux en acier à roues très écartées, d'une stabilité à toute épreuve, ou par des camions.

Le parc aux briquettes a fait place au réservoir d'essence et de gas-oil, où s'approvisionne un camion-citerne qui distribue le carburant dans tous les chantiers. Des câbles électriques de 2 000 ou 3 000 V, arrivant de transformateurs, serpentent sur le terrain pour alimenter les matériels électriques.

1. On se reportera, pour les détails techniques, au numéro spécial de *Construction* (La Technique moderne), numéro spécial sur le matériel de travaux publics, engins de terrassement, et à une étude de M. Lefoulon, dans la revue *Travaux* (Science et industrie), janvier 1951.

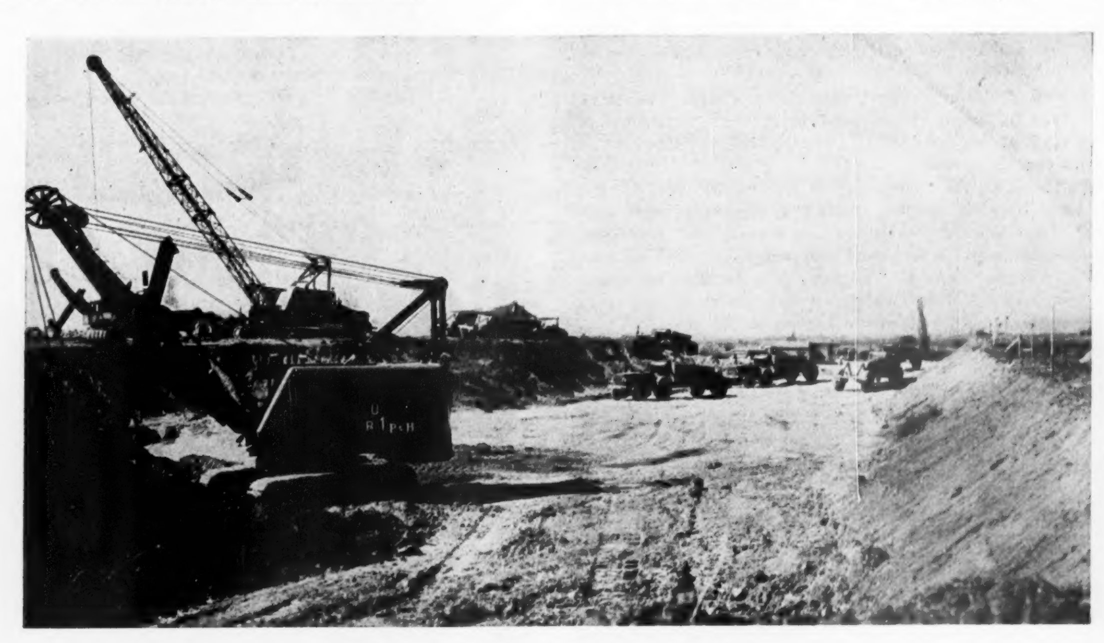


Fig. 1. — *Sur le chantier du canal de Pierrelatte.*
Terrassements avec pelle PH et transport des déblais par bennes Euclid. L'aspect désert du chantier est frappant (E. D. F.).
(*Photo* Monchanin et Périchon).

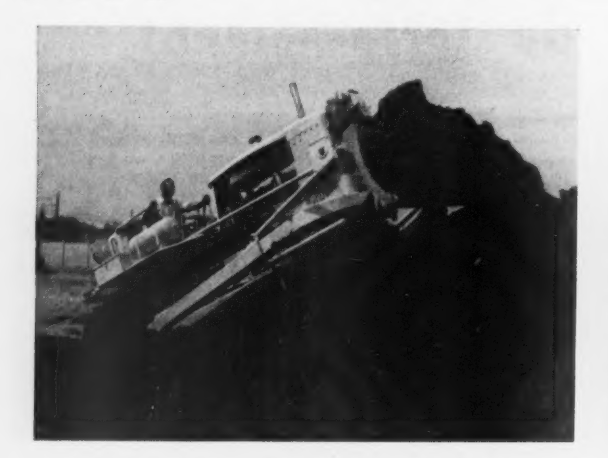


Fig. 2. — *Bulldozer refoulant des terres en montée.*
(*Photo* H. Baranger).



Fig. 4. — *Profileuse Richier au travail sur une chaussée.*
(*Photo* H. Baranger).

C'est ainsi que les grands chantiers de terrassement ont entièrement changé d'aspect : le visiteur est surpris de les trouver totalement déserts (fig. 1). Ici, un gros dragline, tel un insecte gigantesque, travaille seul au milieu d'un canal. Plus loin, une pelle s'affaire, avec des mouvements de mante religieuse, entourée de plusieurs camions chargés du transport des déblais. Personne à terre, sauf le conducteur du chantier, semblable à un pilote guidant les mouvements d'un paquebot dans une écluse.

Un tank à bouclier : le bulldozer

Le premier travail à exécuter sur un terrain est évidemment de le dégager. Il s'agit d'abord de démolir les maisons, d'enlever les pylones, d'abattre les arbres; ensuite d'arracher la couche de terre arable et les matériaux superficiels, afin de mettre à nu le tuf solide.

Ce travail préliminaire peut être effectué, dans une large mesure, par un engin encore nouveau pour les Français : le bulldozer, dont les possibilités s'apparentent curieusement à celles du char de guerre.

Le bulldozer est essentiellement un tracteur équipé à l'avant d'une large lame en bouclier, destinée à refouler les matériaux (fig. 2). Trois types de bulldozers sont actuellement employés. Dans le « bulldozer à lame droite » le bouclier est fixé de façon rigide au châssis; dans l' « angle-dozer » la lame est orientable vers la droite et la gauche; ou bien encore la lame peut pivoter autour d'un axe horizontal, pour se placer en oblique, l'appareil est alors un « tiltdozer ».

Tous les « dozers » travaillent en force brutale et, dans les limites prévues par le constructeur, rien ne doit leur résister. La méthode de travail consiste en général à pousser une certaine quantité de matériaux, puis à revenir en arrière pour en prendre une autre quantité, que l'on refoule au voisinage de la première et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les matériaux viennent occuper leur emplacement définitif. Il n'est pas économique de dépasser des parcours de travail supérieurs à 60 m.

Les bulldozers excellent pour la construction de remblais (fig. 2), par refoulement direct de matériaux pris à flanc de coteau ou de matériaux déposés à proximité par d'autres engins

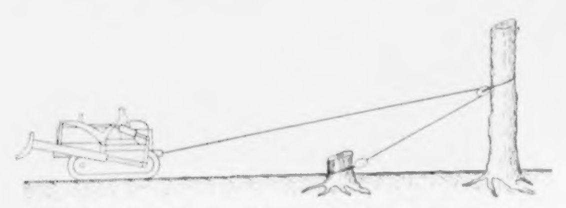


Fig. 3. — *Bulldozer arrachant un arbre par poussée directe.*
(*La Technique moderne*).



Fig. 5. — *Grande pelle-diesel Nordest montée sur chenille.*
Le godet est tourné vers l'avant, la machine étant disposée pour travailler « en butte ».
(*Photo* A. Dumay).



Fig. 6. — *Pelle Haulotte équipée en « retro ».*
(*Document* Sogemat).

tels que des pelles ou des camions. Le bulldozer peut servir au défrichage, au débroussaillage et même à l'arrachage des arbres par poussée directe (fig. 3) : ils sont utiles pour l'entretien constant du chantier, mais ne peuvent exécuter un travail aussi « fini » que les niveleuses (fig. 4).

Pelles mécaniques

Les pelles mécaniques sont les meilleurs engins pour l'exécution des gros travaux, l'attaque des parois verticales, le creusement des excavations de profondeur modérée.

Il est nécessaire, toutefois, que le terrain soit bien brisé et que les blocs aient des dimensions assez petites pour pouvoir pénétrer dans le godet; la pelle doit être très d'aplomb, au besoin installée sur un plancher de madriers. Les pelles attaquent aisément des talus jusqu'à deux mètres de hauteur; si l'on doit attaquer un front plus élevé, on opère par gradins.

Le *pivotage* de la pelle correspond à un temps improductif et doit être réduit au minimum. Aussi place-t-on les camions ou la décharge aussi près que possible du front d'attaque; par exemple, deux files de camions, à droite et à gauche de la pelle.

Un conducteur de pelle expérimenté combine le mouvement de pivotage avec le déchargement de façon à réduire au minimum les temps perdus. On doit éviter, néanmoins, de faire pivoter la pelle en cours de remplissage des godets, ce qui risque de tordre le bras de la machine.

Deux modes de travail sont possibles : le travail *en butte* (fig. 5 et couverture), avec l'ouverture du godet tournée vers le haut, et le travail *en rétro* (fig. 6), le godet, tourné vers le bas, se remplissant par râclage.

Les draglines

Le travail d'une pelle fonctionnant en dragline (fig. 7) est extrêmement particulier. Le godet, suspendu à l'extrémité du câble principal, a la forme d'une sorte de poche à bords tranchants, que le mécanicien doit projeter à grande distance, grâce à un mouvement de rotation rapide de toute la machine. Tombé sur le sol, le godet est tiré vers la machine par un second câble et se remplit par râclage.

La distance à laquelle le godet peut être lancé dépend de l'habileté du conducteur; il faut avoir soin de ne pas déplacer le bras latéralement pendant le traînage du godet sous peine de le gauchir. Le déchargement est beaucoup moins précis qu'avec le travail en pelle; aussi ne se sert-on pas des draglines pour charger des camions, mais uniquement pour le déchargement en tas. Les draglines, engins à puissance élevée, sont souvent alimentées électriquement, avec un groupe intermédiaire Ward-Léonard, qui procure une extrême souplesse de marche.

Les scrappers

Les décapeuses ou « scrappers » (fig. 8) sont des engins, soit remorqués, soit motorisés, qui extraient les matériaux sur une épaisseur relativement faible, les chargent, les transportent et les déversent. Elles sont constituées par un godet ouvert, présentant un bord tranchant qui entaille le sol, et qui se ferme et se soulève au moment du transport.

Un inconvénient caractéristique du scrapper est que, lors du remplissage, si le matériau offre une certaine résistance au tassement, l'effort de traction augmente au fur et à mesure de l'opération. Il faut envisager un excédent de puissance, qui

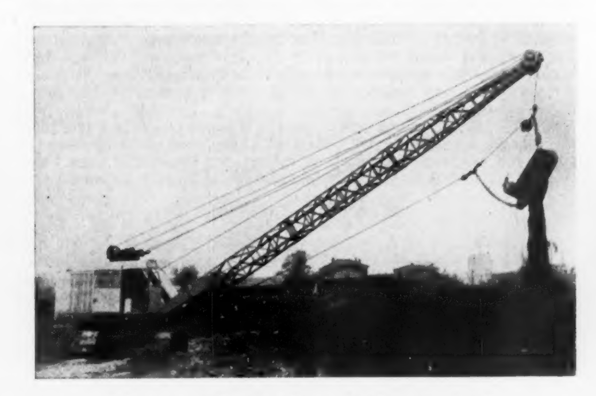


Fig. 7. — *Pelle Haulotte équipée en dragline.*
(*Document* Sogemat).



Fig. 8. — *» Tournascrappers » au travail dans le canal d'amenée de la future usine de Donzère* (*Document* E. D. F.).

est fourni par un second tracteur, appelé « pousseur ». On estime, en général, qu'un pousseur peut aider deux scrappers si le trajet à parcourir est de 200 m aller et retour. Si le parcours est plus long, il faut ajouter une décapeuse par 100 m, mais le synchronisme des opérations devient difficile à assurer.

Aux scrappers se rattache le « motor-grader », connu en France sous le nom de « niveleuse », et qui a un usage de plus en plus large sur les chantiers, concurremment avec les engins à rouleaux pour le maintien des pistes de circulation des engins à pneumatiques. La niveleuse est un engin très souple, permettant d'exécuter en plusieurs passes des travaux complexes, tels que la construction d'une route, avec creusement des fossés.

Transport des terres

L'emploi des véhicules sur pneumatiques, à grande capacité et rapides, a bouleversé les conceptions anciennes de l' « équilibre des terres ». Aujourd'hui, il n'est plus indispensable que le cubage extrait d'une fouille soit égal au volume des remblais à exécuter, puisqu'il est possible d'emporter ou, au contraire, d'apporter économiquement des masses de matériaux considérables.

Les transports des déblais d'alluvions ou de terres sont réalisés par des tombereaux à fond ouvrant de 11 m^3, remorqués par des tracteurs Diesel à quatre roues ou à deux roues, de 180 ch. De tels tombereaux circulent à 25 km/h et effectuent des transports de 30 m^3 à des distances de 500 à 1 000 m.

Pour transporter les déblais rocheux de plus de 250 mm de calibre, on emploie des camions-bennes basculants, avec caisses en acier de 12 à 15 mm d'épaisseur, renforcées par des bandes d'usure.

La manœuvre des engins très lourds, tels qu'un camion de 30 t équipé d'un moteur de 275 ch, demeure aisée grâce à la commande par servomoteurs hydrauliques. Dans des modèles tout récents, le volant de direction est supprimé et remplacé par des boutons-poussoirs placés sur le tableau de bord.

Tous ces matériels de chantier, à la fois rustiques et perfectionnés, doivent être tenus dans un état de propreté absolue. L'entretien se fait tous les soirs; il comporte un lavage sous pression, un graissage et un examen technique. Ce n'est qu'à cette stricte condition d'un entretien parfait que l'on peut tirer le rendement maximum de ces gigantesques et coûteux engins.

PIERRE DEVAUX.

LE CIEL EN MARS 1953

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison croît de — 7°35′ à + 4°9′ ; la durée du jour passe de 10^h57^m le 1er à 12^h45^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′19″,6, le 31 = 32′3″,7 ; *équinoxe de printemps* le 20 à $22^h0^m43^s$: *le Soleil entre dans le signe du Bélier.* — **LUNE :** Phases . D. Q. le 8 à 18^h26^m, N. L. le 15 à 11^h5^m, P. Q. le 22 à 8^h10^m, P. L. le 30 à 12^h55^m ; *périgée* le 14 à 23^h ; *apogée* le 27 à 18^h. Principales conjonctions : avec **Neptune** le 4 à 16^h, à 7°14′ N., et avec **Saturne** à 23^h, à 8°20′ N. ; avec **Mercure** le 15 à 20^h, à 0°18′ S. ; avec **Vénus** le 17 à 20^h, à 1°34′ N., et avec **Mars**, même heure, à 5°25′ S. ; avec **Jupiter** le 19 à 6^h, à 6°6′ S. ; avec **Uranus** le 23 à 9^h, à 1°55′ S. ; avec **Neptune** le 31 à 20^h, à 7°8′ S. Principales occultations : des *Pléiades* le 19 : 16 *Taureau* (*Celaeno*, 5^m,4), immersion à 21^h20^m,1 ; 17 *Taureau* (*Electre*, 3^m,8), immersion à 21^h29^m,6 ; q *Taureau* (*Taygète*, 4^m,4), immersion à 21^h36^m,6 ; 20 *Taureau* (*Maïa*, 4^m,0), immersion à 21^h46^m,1 ; de ε *Gémeaux* (3^m,2) le 22, immersion à 23^h55^m,3, émersion le 23 à 0^h51^m,4 ; de π *Cancer* (5^m,6) le 26, immersion à 0^h58^m,8. — **PLANÈTES : Mercure,** plus grande élongation du soir le 3, à 18°6′ E. du Soleil, en conjonction inférieure avec le Soleil le 18 à 13^h ; **Vénus,** étoile du Berger, plus grand éclat le 8, se couche le 14 à 21^h32^m, soit 3^h40^m après le Soleil, diamètre app. 42″ ; **Mars,** dans les *Poissons*, peu observable dans le crépuscule, se couche le 14 à 20^h49^m, diamètre app. 4″,2 ; **Jupiter,** dans le *Bélier*, visible le soir, se couche le 14 à 22^h48^m, diamètre polaire app. 33″,3 ; **Saturne,** dans la *Vierge*, observable toute la nuit, se lève le 14 à 20^h34^m, diamètre pol. app. 16″,8, anneau : gr. axe 42″,4, petit axe 10″,3 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux*, observable le soir, passe au méridien le 2 à 20^h13^m, position : 7^h4^m et + 23°5′, diam. app. 3″,8 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, au nord de l'*Épi*, observable dans la 2e partie de la nuit, se lève le 2 à 21^h10^m, position : 13^h30^m et — 7°33′, diam. app. 2″,5. — **ÉTOILES FILANTES :** *Bootides* du 10 au 12, radiant ζ *Bouvier*. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) : le 5 à 5^h,2, le 8 à 2^h,0, le 10 à 22^h,8, le 13 à 19^h,6, le 28 à 3^h,6, le 31 à 0^h,4 ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,1) : le 4 à 0^h,6, le 13 à 1^h,7, le 29 à 21^h,2 ; maxima : de R *Aigle* (5^m,5-11^m,8) le 16 ; de R *Bouvier* (5^m,9-12^m,8) le 26. — **ÉTOILE POLAIRE :** passage supérieur au méridien de Paris : le 2 à $3^h2^m4^s$, le 12 à $2^h22^m37^s$, le 22 à $1^h43^m11^s$.

Phénomènes remarquables. — Vénus a son plus grand éclat le 8 : observer l'ombre portée par sa lumière, après le crépuscule. — **Étoiles filantes Bootides,** du 10 au 12, rapides, très persistantes. — **Occultation des Pléiades** le 19 de 21^h20^m,1 à 21^h46^m,1, les immersions ayant lieu au bord obscur de la Lune au 4e jour de la lunaison. — **Occultation de ε Gémeaux** (3^m,2), du 22 au 23, la Lune étant au premier quartier. — **Lumière cendrée de la Lune,** le matin du 11 au 13 et le soir du 17 au 20. — **Lumière zodiacale** observable pendant tout le mois à l'Ouest, après le crépuscule, en l'absence de la Lune.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

Gaz d'éclairage sans oxyde de carbone

Depuis que la distribution du gaz d'éclairage s'est répandue dans les villes, c'est-à-dire depuis bientôt un siècle, on ne cesse de déplorer des accidents périodiques dus à l'empoisonnement par le gaz d'éclairage. Le gaz d'éclairage est un mélange complexe d'hydrogène, de méthane, de gaz carbonique et de divers hydrocarbures et d'environ 10 à 15 pour 100 d'oxyde de carbone CO. C'est ce dernier surtout qui est dangereux et qu'il faudrait séparer pour rendre le gaz d'éclairage pratiquement inoffensif. Divers procédés ont été étudiés depuis longtemps par les spécialistes, tels que la séparation par réfrigération à — 40° ou 50°, à 10 hectopièzes suivie d'une seconde réfrigération, la combinaison catalytique du CO avec la vapeur d'aeu redonnant de l'hydrogène et du CO_2 qui doit se faire vers 500° et avec des pressions de 25 hectopièzes. Tous ces procédés sont trop coûteux et aboutissent à une perte de rendement énergétique.

Un procédé récemment développé à Vienne présente l'avantage de procurer un produit de rendement calorifique très supérieur. Il consiste à réaliser une réaction catalytique réversible avec l'hydrogène présent dans le gaz d'éclairage pour fournir du méthane :

$$3H_2 + CO \rightarrow H_2O + CH_4.$$

Ce procédé, qui se heurtait à de grandes difficultés du fait des catalyseurs nécessaires, vient d'être mis au point sur le plan industriel. Il permet aux usines d'amortir le coût des installations de purification en fournissant un produit de plus grande valeur calorifique et des installations en France, en Allemagne, en Autriche, sont en cours d'équipement selon ce procédé.

A. M.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1953, N° 2466. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS, (310566), LAVAL, N° 2690. — 2-1953.

LES LIVRES NOUVEAUX

Paper chromatography, par R. J. Block, R. Lestrange et G. Zweig. 1 vol. 16 × 25, 195 p., ill., rel. Academic Press, New-York, 1952. Prix : 4,5 dollars.

La méthode d'analyse chromatographique sur papier a montré depuis quelques années des possibilités considérables, notamment pour la séparation des mélanges complexes, en n'utilisant qu'un appareillage simple et des quantités infimes de produits.

Le présent ouvrage est un manuel de laboratoire. Rapide exposé théorique ; documentation pratique, précise, très complète sur les méthodes qualitatives et quantitatives ; une série de monographies et de références bibliographiques. On trouvera là une foule de renseignements jusqu'ici dispersés dans la littérature scientifique.

First symposium on Chemical-biological correlation. 1 vol. in-8°, 415 p. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, 1951. Prix : 4 dollars.

Cet ouvrage est le premier d'une série d'exposés des recherches poursuivies par des spécialistes réunis par le National Research Council des États-Unis, concernant les corrélations entre la structure des corps chimiques, leur action biologique et les mécanismes de celle-ci. On y trouve des communications et discussions sur les arsenobenzols, les hormones pour plantes, les produits agissant sur le sympathique, les antihistaminiques, les antithyroïdiens, les produits contre la malaria, les fongicides, les insecticides, l'influence des remplacements isostériques (au sens donné par Langmuir), les cancérigènes, la chimiothérapie du cancer, etc. Ces études montrent la place importante prise par la chimie en biologie et en médecine ; elles apportent une importante documentation aux chimistes de l'industrie pharmaceutique, aux biologistes et aux médecins.

Les bases de la stéréochimie, par P. Niggli. 1 vol. in-8°, 280 p., 264 fig. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié, 2 800 francs.

Cet ouvrage du professeur à l'université de Zurich est classique dans les pays de langue allemande. C'est un travail de synthèse qui expose les principes de la stéréochimie à des lecteurs possédant déjà des connaissances de cristallographie et de chimie des molécules. Après avoir exposé dans ses grandes lignes la théorie géométrique des arrangements de points, l'auteur montre comment on peut, en l'assouplissant progressivement, l'appliquer aux diverses structures rencontrées dans la nature. Il précise les notions de corps purs et d'isomères et conduit à une conception unitaire des édifices formés d'atomes.

Thermodynamique chimique, par I. Prigogine et R. Defay. 1 vol. 16 × 25, 557 p., 166 fig., 39 tab., rel. Dunod, Paris, 1950. Prix : 5 200 francs.

Dans cette nouvelle édition, les auteurs ont condensé la thermodynamique chimique en un seul volume, sans nuire à la clarté et en développant de nombreux problèmes nouveaux relatifs notamment à la production d'entropie, la démixion, les phénomènes critiques, etc. La notion de production d'entropie et celle d'affinité, telle qu'elle a été définie par de Donder, sont systématiquement employées par les auteurs. On va des applications usuelles à celles qui demandent des développements plus considérables. Le lecteur est amené à se familiariser progressivement avec les méthodes les plus variées de la thermodynamique chimique.

Cours d'analyse des produits des industries chimiques. Tome II, par A. et C. Meurice. 1 vol. in-8°, 452 p., 56 fig., tab. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié, 2 800 francs.

Dans le second tome de cet important ouvrage, on trouvera un exposé détaillé des principales méthodes d'essais physiques, chimiques, mécaniques des peintures, vernis, encres, savons, glycérine, détergents synthétiques et de leurs matières premières. Cette troisième édition a été mise au courant des derniers progrès et étendue aux plus récents produits apparus dans ces industries, notamment en ce qui concerne les nouvelles résines et les détergents synthétiques. Elle est enrichie d'une nomenclature des plus importantes normes adoptées. C'est un cours et un manuel technique qui rendra les plus grands services aux laboratoires d'analyse, de contrôle et de recherches. On peut lui prédire le même succès qu'au premier tome consacré aux produits des industries minérales.

Installations électriques, par A. Soulier. 1 vol. in-16, 346 p., 141 fig. Garnier, Paris, 1952. Prix : 650 francs.

Cette nouvelle édition a été complètement refondue, les appareils périmés ont fait place au matériel plus moderne. Elle expose les principes essentiels de réalisation des installations électriques à basse tension, y compris les techniques modernes d'éclairage par tubes luminescents, ainsi qu'un chapitre sur la haute tension. On trouvera dans cet ouvrage de nombreux renseignements pratiques, notamment, une méthode simple de calcul de la puissance des radiateurs électriques pour le chauffage domestique.

Les fours électriques industriels, par V. Paschkis. 2 vol. in-8°. Tome I, 268 p., 158 fig. Tome II, 362 p., 293 fig. Dunod, Paris, 1952. Prix : reliés, 2 900 et 3 600 fr.

Le premier tome, après un rappel des principes généraux, est consacré à la construction et au calcul détaillé des fours à arc et à ferroalliages. Il permet d'échapper à l'empirisme autrefois si général et d'établir des projets sur des bases scientifiques. Cette documentation est d'un haut intérêt, les fours électriques étant parmi les plus gros consommateurs d'énergie.

Le second tome est consacré aux fours de traitements thermiques, à résistance, à haute fréquence, à induction ou à pertes diélectriques. Il permet de choisir et de calculer le four neuf le mieux adapté à un travail déterminé, ou de modifier et remettre en état des fours anciens. Cet ouvrage s'adresse à un large public d'ingénieurs, de techniciens, d'étudiants des disciplines techniques les plus diverses. Il intéresse les électriciens auxquels il explique les causes des surcharges brutales provoquées par les fours électriques dont les applications de plus en plus larges multiplient le nombre.

Formulaire pratique du bâtiment, par R. Champly. 1 vol. in-16, 264 p., 86 fig. Girardot, Paris, 1951.

Principaux renseignements dont les architectes, constructeurs, entrepreneurs ont besoin à chaque instant. On y trouve les documents pratiques sur la résistance des matériaux, les charges de sécurité, le béton armé, les nouveaux procédés de construction, etc.

Les machines thermiques, par P. Chambadal. in-16, broché, 214 p. Armand Colin, Paris, 1952. Prix : 260 francs.

Ouvrage qui se propose de montrer comment les principes de la thermodynamique théorique sont appliqués dans l'industrie à la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique, et réciproquement. Bonne introduction aux ouvrages consacrés à des machines thermiques particulières.

Moteurs à essence, par J. Thonon (Série : technique automobile, tome I). 1 vol. in-8°, broché, 72 p. Dunod, Paris, 1952. Prix : 420 francs.

Premier volume d'une série de cours de *Technique automobile*, visant la formation pratique. Seuls les principes des divers modes de construction sont mentionnés. Nombreux exemples éclairés par des illustrations abondantes : schémas, vues éclatées, photographies. Chaque chapitre se termine par un questionnaire qui favorisera la compréhension. Le moteur à deux temps n'est pas oublié. Cet ouvrage sera bien accueilli par les professeurs de l'Enseignement technique ; il rendra service à leurs élèves comme à tous les usagers de l'automobile.

Propulsion par réaction, par G. G. Smith. Traduit de l'anglais par V. Obolensky. 2e édition. 1 vol. in-8°, XVI-440 p., nomb. fig. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié toile, 2 900 fr.

Revue complète de la propulsion par réaction, avec le minimum de formules mathématiques, s'adressant au grand public comme aux techniciens. Tous les côtés de la question sont étudiés depuis les problèmes de combustion et de métallurgie posés par la turbine à gaz jusqu'à l'aérodynamique et à l'adaptation de ces moteurs sur les avions. Intéressante revue de tous les moteurs à réaction étudiés dans les différents pays, ainsi que des appareils équipés de ces moteurs. Un des derniers chapitres traite également de l'application de la turbine à la propulsion routière.

Internal combustion engines, par L. C. Lichty. 1 vol. in-8°, 598 p., 461 fig., 13 tab. Mc Graw-Hill, New-York et Londres, 1951. Prix : relié, 44 shillings.

Sixième édition de cet ouvrage destiné à l'enseignement des ingénieurs et techniciens, mise au courant des derniers progrès des moteurs à combustion interne. Le point de vue thermodynamique domine l'exposé appuyé de nombreux graphiques et tables numériques.

La commande électromagnétique et électronique des machines-outils, par A. Fouillé et J. Canuel. 1 vol. in-8°, 352 p., 380 fig. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié, 3 250 francs.

Exposé d'ensemble des problèmes de commande de machines-outils modernes. Personne

n'a plus le droit d'ignorer que les servo-mécanismes électroniques peuvent être substitués dans bien des cas aux services et aux contrôles manuels. Ils s'imposent dans un domaine d'applications de plus en plus étendu. Ils réalisent certaines opérations d'usinage avec une rapidité et une précision auxquelles les commandes mécaniques ne pouvaient prétendre. Les auteurs ont mis le sujet à la portée de tous, ne faisant appel qu'à un minimum de développements mathématiques et appuyant leur étude générale par des exemples pratiques.

Utilisation du tube électronique dans les appareils récepteurs et amplificateurs, par B. G. Dammers, J. Haantjes, J. Otte et H. van Suchtelen. Tome II. Amplification B. F. ; étage de sortie ; alimentation. 1 vol. in-8°, 440 p., 343 fig. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié, 2 500 francs.

La société Philips publie sur les tubes électroniques une collection d'ouvrages dont voici le 5e volume, consacré à leur utilisation dans les récepteurs et les amplificateurs. On sait l'importance qu'ils présentent aujourd'hui dans toutes les applications de l'électrotechnique. C'est un exposé magistral tant des principes théoriques qui sont rappelés, discutés, souvent enrichis de données nouvelles, que des réalisations pratiques qu'il faut savoir calculer, puis réaliser parfaitement pour éviter notamment les distorsions fréquentes en basse fréquence. Les physiciens se réjouiront d'une œuvre si didactique, précieuse pour leur enseignement et les ingénieurs y trouveront réponse à tous les problèmes qu'ils se posent, des solutions précises et claires pour tous les détails de construction.

Techniques modernes de contrôle des fabrications, par J. Mothes. 1 vol. in-8°, 564 p., 128 fig., 40 tab. Dunod, Paris, 1952. Prix : relié, 5 800 francs.

La statistique étend ses champs d'application à l'étude de tous les phénomènes soumis à des fluctuations multiples et complexes. Elle est entrée dans le domaine industriel et met à la disposition des ingénieurs des méthodes efficaces pour assurer la régularité, la stabilité des fabrications et préciser les facteurs éventuels d'hétérogénéité. On trouvera dans cet ouvrage les principes théoriques des solutions préconisées et des exemples d'applications. Il est à la fois un cours de statistique appliquée et, par son contenu pratique, ses tables numériques et ses abaques un manuel pour praticiens

Cinquante ans de perfectionnement technique. 1 vol. 21 × 27, 380 p., ill., rel. Presses Documentaires, Paris, 1952. Prix : 4 120 francs.

Le Centre de perfectionnement technique a réuni dans ce volume 32 conférences qu'il a organisées sur ce sujet, présentées par le professeur Hackspill, qui souligne que les progrès de la science ne sont pas proportionnels au temps et que la période considérée est exceptionnellement brillante.

ERRATUM

Annuaire hydrologique de la France. Année 1950. 1 vol. in-8°, 167 p., fig. Société hydrotechnique de France, Paris, 1952. Prix : 2 000 fr. (et non 140 fr. comme indiqué dans *La Nature* de décembre 1952).

PETITES ANNONCES

(150 F la ligne. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

A VENDRE : Grand microscope biologique, moderne, à vision inclinée. 3 objectifs à sec, 1 objectif immersion 1/15e, 2 oculaires H. 6 et 10, 1 révolver, 1 condenseur Abbe et Iris, 1 platine mobile, éclairage électrique incorporé, réglable, avec transformateur.

Petit microscope binoculaire, tubes droits, sur pied articulé. G = ×10, champ 20 mm.

Pour détails et prix, s'adresser à Alexandre DURAND, 18, rue Jules-Lecesne, Le Havre (Seine-Inférieure).



Le gérant : F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 1er trimestre 1953, n° 2466. — Imprimé en France.
barnéoud frères et cie, imprimeurs, (310566), laval, n° 2690. — 2-1953.